

**EKSTRAKSI ZAT WARNA KULIT BUAH ALPUKAT
(*Persea americana* Mill.) DAN APLIKASINYA PADA
*DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)***



Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana (S1) pada
Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Islam
UIN Alauddin Makassar

Oleh :

NIRMA NASIR PUTRI

NIM: 60500113078

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN
MAKASSAR
2018**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nirma Nasir Putri
NIM : 60500113078
Tempat/TglLahir : Cenranae/14 Februari 1995
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Alamat : Asrama Rusunawa kampus II UIN Alauddin Makassar
Judul : Ekstraksi Zat Warna Kulit Buah Alpukat (*Persea Americana*
Mill) dan Aplikasinya pada *Dye Sensitized Solar Cell*
(DSSC)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa skripsi merupakan duplikat, tiruan, plagiat atau dibuat oleh orang lain. Sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Samata-Gowa , Maret 2018

Penyusun

NIRMA NASIR PUTRI

NIM: 60500113078

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul "ekstraksi zat warna kulit buah alpukat (*Persea americana* Mill) dan aplikasi pada *dye sensitized solar cell* (DSSC)" yang disusun oleh **Nirma Nasir Putri**, NIM: 60500113078, mahasiswa Jurusan Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Rabu tanggal 28 Maret 2018 bertepatan dengan 10 Rajab 1439 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia, Jurusan Kimia (dengan beberapa perbaikan).

Samata-Gowa, 28 Maret 2018 M
10 Rajab 1439 H

DEWAN PENGUJI

Ketua	: Dr. Hj. Wasilah, S. T., M. T	(.....)
Sekretaris	: Dra. Sitti. Chadijah, M.Si	(.....)
Munaqisy I	: Dr. H. Asri Saleh, S. T., M.Si	(.....)
Munaqisy II	: Dr. Aan Parhani, Lc., M.Ag	(.....)
Pembimbing I	: Aisyah, S.Si., M.Si	(.....)
Pembimbing II	: Andi Nurfitri Abubakar, S.Si., M.Si	(.....)

Diketahui oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar,



Prof. Dr. Arifuddin, M.Ag
NIP. 19691205 199303 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah swt karena dengan izin dan petunjuk-Nya serta bimbingan dari dosen pembimbing sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Ekstraksi Zat Warna Kulit Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) dan Aplikasinya pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)” dan tak lupa pula penulis haturkan shalawat serta taslim atas junjungan Nabi besar Muhammad saw beserta keluarga dan para sahabatnya. Maksud penyusunan skripsi ini adalah guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.

Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang dengan ikhlas membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis persembahkan kepada ayahanda Muh. Nasir Matttalatta dan ibunda Munawara dan seluruh keluarga yang tiada henti mendoakan, memotivasi serta setulus hati mendukung dengan dukungan materil dan spiritual kepada penulis yang tidak ternilai harganya. Semoga Allah swt memberikan rahmat, keberkahan, kesehatan, kenikmatan hidup dan senantiasa dalam lindungan-Nya.

Pada kesempatan ini pula penulis menghaturkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Musafir, M.Si, selaku Rektor UIN Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. H. Arifuddin, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.

3. Ibu Sjamsiah, S.Si., M.Si., Ph.D, dan Dr. Rismawati Sikanna S.Si., M.Si., selaku Ketua dan Sekertaris Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
4. Ibu Aisyah, S.Si., M.Si, dan Andi Nur Fitriani Abubakar, S.Si., M.Si, selaku Pembimbing I dan II atas segala bimbingan dan bantuan yang diberikan selama penelitian berlangsung sehingga selalu membuka pikiran penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
5. Bapak Asri Saleh ST., M.Si, dan Aan Farhani, Lc., M.Ag, selaku Penguji I dan II yang berkenan memberikan kritik dan saran bagi penulis.
6. Segenap Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar yang dengan sabar mendidik dan memberikan ilmu kepada penulis.
7. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
8. Seluruh Laboran Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, terkhusus buat Kakak Nuraini, S.Si, selaku laboran di Laboratorium Organik atas segala kesabaran serta waktu luang yang diberikan selama proses penelitian berlangsung.
9. Rekan penelitian yang tergabung dalam Tim OSC terutama teman DSSC (Muharam Bapa Lasang, Kurnia Arini Putri, Wahida Febriyah Ramadhani, Jusnia dan Nuramnisa) dan terkhusus partner penelitian Halisa yang senantiasa membantu dan menemani penulis dari awal penyusunan proposal, penyelesaian penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

10. Rekan-rekan Mahasiswa Kimia Angkatan 2013 terkhusus kelas B Serta senior dan Junior Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar yang senantiasa membantu.
11. Teman-teman UKM Pencak Silat Tapak Suci UIN Alauddin Makassar.
12. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuannya dalam menyelesaikan penelitian ini.

Akhir kata Penulis, semoga Skripsi ini bermanfaat bagi Penulis dan bagi pembaca umumnya.

Samata-Gowa, Maret 2018

Penulis

Nirma Nasir Putri

NIM. 60500113078



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1-6
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7-21
A. Krisis Energi	7
B. Energi Terbarukan	8
C. DSSC (<i>Dye Sensitized Solar Cell</i>)	11
D. <i>Dye</i> Sebagai Sensitiser	14
E. Tanaman Alpukat	15
F. Metode Ekstraksi.....	17

G. Metode Identifikasi	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22-26
A. Waktu dan Tempat Penelitian	22
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	22
1. Alat.....	22
2. Bahan.....	22
C. Prosedur Kerja.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27-37
A. Hasil Penelitian	27
B. Pembahasan.....	29
BAB V PENUTUP.....	38
A. Kesimpulan	38
B. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39-44
LAMPIRAN.....	45-73
RIWAYAT HIDUP PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Prinsip Kerja DSSC.....	12
Gambar 2.2 Struktur Umum Antosianin	15
Gambar 2.3 Buah Alpukat (<i>Persea amecana</i> Mill.)	16
Gambar 2.4 Diagram Skematik Fungsi Dasar Dan Cara Kerja <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	20
Gambar 4.1 (a) Morfologi TiO ₂ 20 µm, (b) Morfologi TiO ₂ Mengikat <i>Dye</i> Terstabilkan 20 µm, (c) Morfologi TiO ₂ Terstabilkan dan <i>Dye</i> Terstabilkan 20 µm.....	29
Gambar 4.2 Hasil Serapan FTIR Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sumber Daya Energi Baru Terbarukan	8
Tabel 2.2 Hasil Positif Pereaksi Uji Fitokimia	19
Tabel 4.1 Pengukuran Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat.....	27
Tabel 4.2 Pengukuran Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat yang Terstabilkan dengan Variasi Waktu dan Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dan TiO_2 yang Terstabilkan dengan Variasi Waktu.....	27
Tabel 4.3 Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat	28
Tabel 4.4 Hasil Analisis UV-Vis Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat	29
Tabel 4.5 Interpretasi Spektra FTIR	29
Tabel 4.6 Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH	32
Tabel 4.7 Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH dan TiO_2 Terstabilkan.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Bagan Kerja Penelitian.....	45
LAMPIRAN 2	Skema Prosedur Kerja.....	46
LAMPIRAN 3	Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat	53
LAMPIRAN 4	Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Pertama	54
LAMPIRAN 5	Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Kedua	55
LAMPIRAN 6	Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Ketiga	55
LAMPIRAN 7	Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO_2 Terstabilkan Hari Pertama.....	57
LAMPIRAN 8	Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO_2 Terstabilkan Hari kedua	58
LAMPIRAN 9	Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO_2 Terstabilkan Hari ketiga.....	59
LAMPIRAN 10	Hubungan Arus dengan Tegangan	61
LAMPIRAN 11	Gambar Spektrum UV-Vis pada Ekstrak Kulit Buah Alpukat	69
LAMPIRAN 12	Gambar Serapan FTIR pada Ekstrak Kulit Buah Alpukat	71

ABSTRACT

Name : Nirma Nasir Putri
Nim : 60500113078
Thesis Title : Extraction of Avocado Fruit Skin Substance (*Persea americana* Mill.) And Its application on Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a renewable energy source that becomes the world's energy scarcity solution. DSSC converts solar radiation into electrical energy using dye as a sensitizer. In this study, the efficiency value of the avocado leaf extract as dye sensitizer was determined to determine the stability of the particular pH and in the addition of stabilized TiO₂ Polyvinyl Alcohol (PVA). The highest efficiency value obtained on the first day at pH 4 of 0.195%. The value of the effected efficiency is affected by the stability of the dye, the substrate used and the content of the extract compound. The compound content is characterized using phytochemical, UV-Vis and FTIR spectrometry. Phytochemical test results showed positive reactions in alkaloids and flavonoids. UV-Vis characterization showed a maximum wavelength at 269.0 nm and FTIR results contained a group having a very large contribution to efficiency values such as carbonyl (C = O) and hydroxyl (OH) groups.

Key Word: DSSC, Efficiency, Dye, *Persea americana* Mill., PVA, FTIR, UV-Vis

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
MAKASSAR

ABSTRAK

Nama : Nirma Nasir Putri
Nim : 60500113078
Judul Skripsi : Ekstraksi Zat Warna Kulit Buah Alpukat (*Persea americana* Mill.)
dan Aplikasinya pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan sumber energi terbarukan yang menjadi solusi kelangkaan energi di dunia. DSSC mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik menggunakan zat warna sebagai sensitizer. Pada penelitian ini, nilai efisiensi dari ekstrak metanol kulit buah alpukat sebagai *dye sensitizer* ditentukan untuk mengetahui kestabilan pada pH tertentu dan pada penambahan TiO_2 terstabilkan PVA (*Polivinil Alkohol*). Nilai efisiensi tertinggi di dapatkan pada hari pertama pada pH 4 sebesar 0,195%. Nilai efisiensi yang dihasilkan dipengaruhi oleh stabilitas zat warna, substrat yang digunakan dan kandungan senyawa ekstrak. Kandungan senyawa dikarakterisasi menggunakan uji fitokimia, spektro UV-Vis dan FTIR. Hasil uji fitokimia menunjukkan reaksi positif pada alkaloid dan flavonoid. Karakterisasi UV-Vis menunjukkan panjang gelombang maksimum pada 269.0 nm dan hasil FTIR terdapat gugus yang berkontribusi sangat besar terhadap nilai efisiensi seperti karbonil (C=O) dan gugus hidroksil (OH).

Kata Kunci: DSSC, Efisiensi, Zat Warna, *Persea americana* Mill., PVA, FTIR, UV-Vis.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
MAKASSAR

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan energi di dunia semakin meningkat seiring berkembangnya zaman dikarenakan pesatnya perkembangan teknologi, industri, informasi dan juga dipengaruhi oleh jumlah populasi penduduk di dunia. Peningkatan populasi penduduk di dunia berbanding lurus dengan kebutuhan energi, namun berbanding terbalik dengan ketersediaan energi. Kebutuhan energi selama ini hanya mengandalkan sumber energi konvensional yang sebagian besar bersumber dari bahan bakar fosil yang ketersediaannya terbatas di dunia dengan kata lain tidak dapat diperbaharui.

Untuk mencukupi kebutuhan energi tersebut, diperlukan sumber energi alternatif diantaranya energi terbarukan. Energi terbarukan merupakan energi yang sedang dikembangkan oleh banyak peneliti di dunia untuk menjadi solusi kelangkaan energi. Energi terbarukan diantaranya energi angin, air, panas bumi, energi biomassa, matahari (Prananto dkk, 2013), bioetanol dan mikrohidro (Sitorus dkk, 2014). Di antara energi terbarukan tersebut, pemanfaatan energi matahari merupakan salah satu alternatif yang paling potensial dan sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai solusi pengganti dari sumber daya energi fosil, karena sumber energi ini tersedia dalam jumlah yang sangat besar dan melimpah.

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan sangat memungkinkan karena suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat besar yaitu sekitar 700 Megawatt setiap menitnya (Zamrani dan Prajitno, 2013). Terkhusus untuk wilayah Indonesia, pemanfaatan matahari cukup potensial karena memiliki iklim tropis dan letak geografis yang dilalui oleh

garis khatulistiwa. Oleh karena itu, Indonesia menjadi negara yang mempunyai banyak wilayah yang disinari matahari dengan baik (Sitorus dkk, 2014) dan menerima panas matahari yang melimpah dengan intensitas radiasi matahari lebih banyak daripada negara lain (Putro, 2008). Maka dari itu, Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mengembangkan sumber energi alternatif yang bersumber dari energi matahari.

Terkait dengan energi matahari, Allah swt berfirman dalam QS. Ibrahim/14:33 yang berbunyi:

وَسَخَّرَ لَكُمُ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ دَائِبَيْنِ ۖ وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ

Terjemahnya:

Dan Dia telah menundukkan matahari dan bulan bagimu yang terus menerus beredar (dalam orbitnya); dan telah menundukkan malam dan siang bagimu” (Kementrian Agama, 2017).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah yang telah menciptakan langit dan bumi serta mengatur peredarannya dengan sangat teliti dan teratur. Kata *sakhkhara* digunakan dalam arti menundukkan sesuatu agar mudah digunakan oleh pihak lain. Kalimat *Wa sakh-khara lakumusy syamsa wal qamara daa-ibaini* yang artinya dan Dia telah menundukkan pula bagimu matahari dan bulan yang terus menerus beredar dalam orbitnya memiliki makna bahwa Allah telah menundukkan matahari dan bulan untuk memancarkan cahaya, memberi kehangatan dan banyak manfaat untuk makhluk hidup. Sedangkan kalimat *Wa sakh-khara lakumullaila wan nahaara* yang artinya dan telah menundukkan bagi kamu malam dan siang memiliki makna bahwa ditundukkannya malam sehingga kamu dapat beristirahat dan siang hari supaya kamu dapat bekerja dengan giat. dan dari peredaran matahari dan bulan bersama peredaran bumi lahir malam dan siang. (Shihab, 2002: 377).

Berdasarkan penafsiran ayat di atas, dapat diketahui bahwa Allah telah menundukkan matahari untuk memberikan kehangatan dan banyak manfaat untuk makhluk hidup salah satunya adalah pemanfaatan cahaya matahari dalam teknologi sel surya.

Sel surya atau sering juga disebut sel fotovoltaiik adalah piranti semikonduktor yang mengkonversi radisasi matahari menjadi energi listrik (Zamrani dan Prajitno, 2013). Seiring dengan perkembangan teknologi semikonduktor, sel surya lahir dengan tiga generasi. Pertama generasi sel surya konvensional yang menggunakan kristal silikon, kedua sel surya tipe lapis tipis dan ketiga sel surya organik yaitu *dye-sensitized solar cell* (DSSC) yang menggunakan zat warna sebagai sensitizer (Ekasari dan Yudoyono (2013) dan Zahrok dan Prajitno, 2015).

Dari ketiga generasi sel surya tersebut, sel surya generasi ketiga yang paling menarik perhatian para peneliti maupun industri. Tahun 1991 merupakan awal ditemukannya sel surya jenis organik (*Dye-sensitized solar cell*) yang di prakarsai oleh Professor Michael Gratzel (Zamrani dan Prajitno (2013) dan Gretzel, 2013). Sejak tahun tersebut, DSSC semakin dikembangkan karena pembuatannya tergolong mudah (Zahrok dan Prajitno, 2015), ramah lingkungan dengan tingkat polusi yang cukup rendah (Dahlan, 2016), biaya tidak terlalu besar, bahan baku relatif mudah di dapat karena terdapat di lingkungan sekitar (Misbachuddin dkk, 2014) dan berpotensi untuk menjadi devais yang fleksibel (Darmawan, 2014).

Terlepas dari beberapa kelebihan tersebut, sel surya organik masih memiliki kekurangan yang disebabkan oleh beberapa bagian dari rangkaian DSSC itu sendiri sehingga menyebabkan rendahnya efesiensi yang dihasilkan. DSSC menggunakan beberapa bagian untuk menjalankan prosesnya yaitu *dye* sebagai absorbansi cahaya, lapisan semikonduktor sebagai transport muatan, katalis untuk mempercepat reaksi

dan elektrolit sebagai medium transport muatan sehingga dinamakan sel surya foto elektrokimia yang diapit oleh dua kaca konduktif (TCO) (Zamrani dan Prajitno, 2013; Darmaja dkk, 2014; dan Fahyuan dkk, 2015).

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, kinerja DSSC dipengaruhi oleh jenis elektrolit yang digunakan (Prasetyo dkk, 2014) dan konsentrasi dari jenis elektrolit yang digunakan (Damayanti dkk, 2014). Penelitian yang dilakukan oleh Fahyuan dkk (2015), nilai efesiensi yang diperoleh pada DSSC dipengaruhi oleh jenis lapisan semikonduktor dan perlakuan yang dilakukan terhadap bahan tersebut. Penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh agustini dkk (2013), yang menyatakan bahwa efesiensi DSSC dipengaruhi oleh fase dari lapisan semikonduktor yang digunakan. Namun, ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Prananto dkk (2013), yang menyatakan bahwa kinerja DSSC dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan jarak dari panel surya tersebut terhadap matahari. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Dahlan dkk, 2016, efesiensi DSSC dipengaruhi oleh jenis zat warna yang digunakan.

Salah satu zat warna yang dapat digunakan dalam DSSC adalah antosianin. Antosianin merupakan salah satu senyawa turunan flavonoid yang banyak terdapat dalam daun, bunga, buah dan kulit buah alpukat (Aminah dkk (2017). Beberapa penelitian DSSC yang menggunakan antosianin sebagai *sensitizer* menghasilkan efesiensi yang masih tergolong rendah yaitu sekitar 0,00256 % (Misbachuddin dkk, 2014) hingga 0,05127 % (Baharuddin dkk, 2015). Efesiensi DSSC yang dihasilkan tersebut dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH) dari antosianin yang digunakan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efesiensi dari DSSC, pada penelitian ini akan dilakukan uji stabilitas pada zat warna yang terkandung dalam kulit buah alpukat untuk aplikasi pada DSSC.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Berapa nilai efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat sebagai *dye sensitizer*?
2. Berapa nilai efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat yang terstabilkan sebagai *dye sensitizer*?
3. Berapa nilai efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat sebagai *dye sensitizer* dan TiO_2 yang terstabilkan?

C. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui nilai efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat sebagai *dye sensitizer*.
2. Mengetahui nilai efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat yang terstabilkan sebagai *dye sensitizer*.
3. Menentukan nilai efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat sebagai *dye sensitizer* dan TiO_2 yang terstabilkan.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Mampu memberikan informasi mengenai hubungan kandungan senyawa yang terdapat pada ekstrak kulit buah alpukat terhadap nilai efisiensi DSSC dalam mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik.
2. Memberikan informasi mengenai nilai efisiensi DSSC yang dihasilkan menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat.
3. Mengetahui pembuatan DSSC sebagai sarana pemanfaatan energi dari sinar matahari.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Krisis Energi

Energi merupakan penggerak utama dalam kehidupan manusia modern. Kebutuhan energi sangat dipengaruhi oleh jumlah populasi penduduk di dunia. Jumlah populasi penduduk dunia sekarang diperkirakan sebanyak 7,3 miliar. Di Indonesia, peningkatan jumlah penduduk telah mencapai 3 juta jiwa per tahunnya (BPS-Statistik Indonesia, 2013) dan peningkatan populasi penduduk tersebut berbanding lurus dengan kebutuhan energi, namun berbanding terbalik dengan ketersediaan energi.

Zaman modern ini masih mengandalkan sumber energi konvensional (energi fosil) sebagai sumber energi. Di Indonesia, produksi energi fosil terdiri dari tiga jenis yaitu minyak bumi, gas dan batu bara. Pasokan energi didominasi oleh minyak bumi 2.50%, kemudian batubara 21.52%, gas 19.04%, air 3.73%, panas bumi 0.1% dan sisanya telah mengandalkan energi terbarukan sebesar 0.2% (Kholiq, 2015). Namun beberapa tahun terakhir, harga bahan bakar fosil khususnya minyak dan gas alam telah meningkat tajam akibatnya sumber energi terbarukan semakin menarik perhatian. Sejalan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional menyatakan bahwa tercapainya bauran energi primer yang optimal yaitu pada tahun 2025 peran energi baru dan energi terbarukan minimal 23% dan pada tahun 2050 minimal 31% sepanjang perekonomian terpenuhi. Jadi energi terbarukan merupakan harapan masyarakat untuk dapat memenuhi kebutuhan energi masa depan.

B. Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah sumber energi modern. Berikut data sumber daya energi terbarukan (Kementrian ESDM, 2013).

Tabel 2.1 Sumber Daya Energi Baru Terbarukan (Outlook Energi 2014)

No	Tipe	Sumber Daya	Kapasitas Terpasang	Rasio (%)
1	2	3	4	5= 4/5
1	Hidro (MW)	75.000MW	7573	10.1%
2	Panas Bumi (MW)	28.910MW	1.344	4.65%
3	Biomassa (MW)	32.654MW	1.717	.265%
4	Surya	4,80kWh/m ² /day	48	-
5	Angin	3-6 m/s	1.87	-
6	Laut	49 GW***)	0.01***)	-
7	Uraium	3,000MW**)	30*)	0%

Dari beberapa deretan sumber daya energi terbarukan di atas, pemanfaatan energi surya atau matahari menjadi salah kadindat sumber daya energi terbarukan yang potensial di indonesia untuk di kembangkan melalui *Solar Cell* karena potensi energi surya mencapai 4,80 kWh/m²/hr.

Firman Allah yang berkaitan dengan matahari dalam QS. Luqman/31:20 yang berbunyi:

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعَمَهُ
ظَهْرَةً وَبَاطِنَةً وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنبِئٍ



Terjemahnya:

Tidakkah kamu memperhatikan bahwa Allah telah menundukkan apa yang ada di langit di bumi untuk (kepentingan)mu dan menyempurnakan nikmat-Nya untukmu lahir dan batin. Tetapi di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan (Kementrian Agama RI, 2017).

Ayat di atas menjelaskan bagaimana Allah swt memberikan nikmat kepada manusia. Menurut M.Quraish Shihab kata (سَخَّرَ) *sakhkhara* berarti menundukkan sesuatu sehingga melakukan apa yang dikehendaki oleh penunduknya. Penundukan ini bertujuan untuk menjalankan kepentingan umat manusia untuk memanfaatkan sesuai dengan apa yang diperintahkan oleh Allah swt selanjutnya, kata (أَسْبَغَ) *asbagha* yang artinya *luas* bermakna Allah memberikan nikmat tersebut dengan berlebih dari apa yang sebenarnya di butuhkan oleh manusia (Shihab, 2004:141). Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan alam semesta untuk kepentingan dan kelangsungan hidup manusia. Berkaitan dengan ayat yang menjelaskan tentang penundukan ciptaan Allah kepada-Nya, dalam QS. An-Nahl/16:12 Allah berfirman:

وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُومَ مُسَخَّرَاتٌ بِأَمْرِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٢﴾

Terjemahnya:

Dan Dia menundukkan malam dan siang, matahari dan bulan untukmu, dan bintang-bintang dikendalikan dengan perintah-Nya. Sungguh pada yang demikian itu benar-benar ada tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang mengerti (Kementrian Agama RI, 2017).

Tafsir Ibnu al-Katsir menjelaskan tentang ayat di atas: Allah mengingatkan hamba-hamba-Nya akan tanda-tanda kekuasaan-Nya dan karunia-Nya yang sangat besar. Dia telah menundukkan malam dan siang hari yang silih berganti, matahari dan bulan yang terus berputar, serta bintang-bintang yang tetap dan bintang-bintang yang beredar di seluruh cakrawala langit; semuanya sebagai cahaya dan penerangan untuk dijadikan petunjuk di dalam kegelapan malam hari. Masing-masing beredar di garis edarnya yang telah ditetapkan oleh Allah. Masing-masing darinya bergerak dengan

gerakan yang telah ditentukan, tidak bertambah, tidak pula berkurang dari apa yang telah ditetapkan untuknya.

Berdasarkan penafsiran ayat di atas, jelas bahwa Allah menetapkan suatu ketetapan bagi ciptaannya, termasuk ketetapan untuk matahari yang terus berputar di garis edarnya. Gerakannya tidak bertambah (lebih cepat) karena akan mengakibatkan kenaikan suhu bumi dan tidak pula berkurang karena akan mengakibatkan penurunan suhu bumi (terlalu dingin). Semuanya itu berada dibawah kekuasaan dan pengaruh-Nya sehingga matahari bisa dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber cahaya dan sumber energi.

Matahari merupakan sumber utama energi dan cahaya yang mensuplai hampir semua kebutuhan energi dan cahaya yang dibutuhkan makhluk hidup dengan radius $6,96 \times 10^5$ km dan terletak sejauh $1,496 \times 10^8$ dari bumi (Rusman, 2015). Total sinar matahari yang sampai ke bumi mencapai 3×10^{24} joule per tahun (Yuliananda dkk, 2015). Terkhusus di Indonesia yang menerima panas matahari lebih banyak dari negara lain yaitu sekitar $4800 \text{ watt/m}^2/\text{hari}$ karena letak geografisnya berada dalam wilayah khatulistiwa yaitu terletak diantara $6^\circ \text{ LU} - 11^\circ \text{ LS}$ dan $95^\circ \text{BT} - 141^\circ \text{BT}$ sehingga mempunyai potensi energi surya yang cukup besar sepanjang tahun (Zahrok dan Prajitno, 2015).

Disamping itu, bumi merupakan satu-satunya planet dalam sistem tata surya yang mendapatkan jumlah radiasi matahari paling optimal. Radiasi matahari yang berhasil masuk ke bumi setelah melewati lapisan atmosfer bumi akan mengalami proses yaitu penyerapan (*absorpsi*), pemantulan, hamburan, dan pemancaran kembali atau *reradiasi* dan yang betul-betul sampai ke permukaan bumi disebut *insolation*

(*incoming solar radiation*). Dari total radiasi yang dipancarkan matahari, hanya 50% yang diterima oleh bumi (Alfanz dkk, 2015).

Dalam sel surya, intensitas radiasi matahari memiliki pengaruh yang penting. Intensitas matahari yang diterima sel surya sangat bervariasi karena sinar matahari memiliki intensitas yang berbeda yaitu intensitas yang besar disiang dan intensitas yang kecil di pagi hari (Suriadi dan Syukri, 2010). Energi radiasi matahari di luar atmosfer bumi mencapai 1353 W/m^2 . Nilai ini adalah radiasi total yang dilepaskan oleh matahari pada seluruh panjang gelombang yang dapat diterima oleh bumi yang disebut konstanta surya. Namun energi radiasi matahari tidak sepenuhnya sampai ke permukaan bumi, hanya sekitar 1000 W/m^2 yang berhasil sampai ke bumi karena telah mengalami penyaringan di atmosfer bumi (Green, 1982).

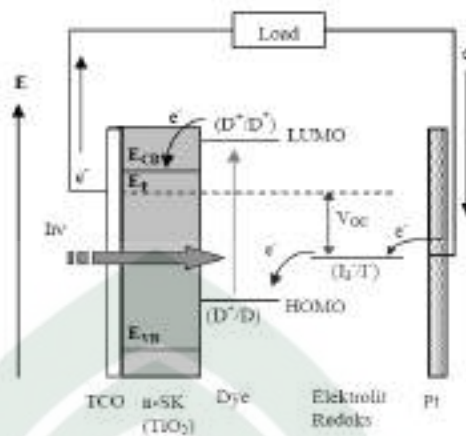
C. DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*)

1. Definisi Umum DSSC

Sel surya generasi terbaru merupakan sel surya yang menggunakan zat warna alami sebagai material utamanya atau yang dikenal dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). DSSC tersebut muncul dan berkembang sesuai dengan perkembangan nanoteknologi yang pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 dan dikenal sebagai *Gratzel Cell* (Hardeli, dkk. 2013).

2. Prinsip Kerja DSSC

Menurut Smestad G.P dan Gratzel, M (1991) dan beberapa peneliti lainnya seperti yang dilaporkan Rofi'ah dan Prajitno (2013), Damayanti dkk, (2014) dan Prasada dkk (2015), bahwa prinsip kerja DSSC terdiri dari beberapa tahapan yaitu eksitasi elektron pada *dye* yang mengakibatkan terjadinya injeksi elektron ke pita konduksi pada TiO_2 . TiO_2 dianggap sebagai aseptor elektron. Selanjutnya elektron



Gambar 2.1 Skema Prinsip Kerja DSSC (Maddu dkk, 2007)

akan bermigrasi melewati rangkaian luar menuju elektroda pembanding. Molekul *dye* yang ditinggalkan akan berada dalam keadaan teroksidasi. Tahapan selanjutnya yaitu penangkapan elektron yang telah melewati rangkaian luar (kaca konduktif yang dilapisi katalis karbon) oleh elektrolit sehingga terjadi reduksi triiodida menjadi iodida. Elektrolit ini terdiri dari pasangan iodida dan triiodida dan akan bertindak sebagai mediator elektron sehingga dapat menghasilkan proses siklus dalam sel. Kemudian satu ion iodida pada elektrolit mengantarkan elektron yang membawa energi menuju *dye* teroksidasi. Elektrolit berfungsi sebagai penyuplai elektron pengganti untuk molekul *dye* teroksidasi sehingga *dye* kembali ke keadaan awal.

3. Material DSSC

Susunan paling sederhana sel surya tersensitisasi *dye* berbentuk struktur roti lapis yang tersusun dari dua substrat (elektroda kerja dan elektroda lawan). Substrat yang digunakan biasanya berupa kaca transparan konduktif TCO (*Transparent Conductive Oxide*). Material kaca inilah yang berfungsi sebagai badan untuk sel surya dan tempat elektron mengalir (Wijayanti, 2010). Elektroda kerja yaitu kaca

transparan konduktif yang telah diolesi pasta TiO_2 tersensitisasi *dye* dan elektroda lawan yang mengandung lapisan karbon (terkatalisis) (Maddu dkk, 2007).

Dalam DSSC, zat warna memiliki peranan yang penting dimana berfungsi sebagai penyerap foton dari sinar matahari dan menyuplai elektron ke dalam semikonduktor (Darmaja, 2014). Komponen penyusun DSSC yang tidak kalah penting adalah elektroda aktif yang berupa material semikonduktor. Material semikonduktor ini reaktif terhadap cahaya dan yang biasa digunakan pada DSSC yaitu *Titanium Dioxide* (TiO_2). TiO_2 memiliki tiga macam bentuk kristal yaitu *anatase*, *rutile* dan *brookite*. Namun bentuk kristal yang sering digunakan yaitu *anatase* dan *rutile* (Amelia, 2014). Untuk aplikasi pada DSSC, TiO_2 harus dalam skala nano karena struktur nanopori mempunyai luas permukaan yang lebih tinggi sehingga meningkatkan jumlah *dye* yang teradsorpsi, dengan begitu jumlah cahaya yang teradsorpsi juga lebih banyak (Zahrok dan Prajitno, 2015).

Selain TiO_2 , *dye* dan katalis, elektrolit berperan penting dalam meningkatkan kinerja DSSC. Elektrolit berfungsi sebagai penyuplai elektron pengganti pada pita HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) *dye* akibat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) melalui proses reaksi reduksi-oksidasi (redoks) (Prasetyo dkk, 2014). Elektrolit yang umum digunakan pelarut yang mengandung sistem redoks contohnya pasangan iodida dan triiodida (I^-/I_3^-) yang bertindak sebagai mediator redoks sehingga dapat menghasilkan proses siklus dalam sel (Ardianto dkk, 2015).

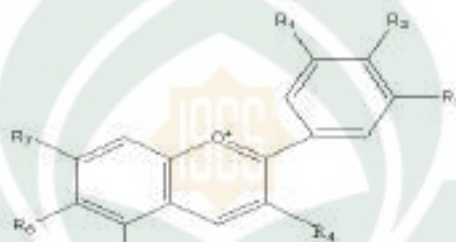
D. Dye Sebagai Sensitizer

Dye yang digunakan sebagai *sensitizer* dapat berupa *dye* sintesis maupun *dye* alami. *Dye* sintesis yang umum digunakan pada DSSC adalah *Ruthenium complex*. DSSC dengan *dye ruthenium* sudah mencapai efisiensi yang tinggi lebih dari 13% (Simon, dkk (2014). Meskipun *dye ruthenium* telah meningkatkan efisiensi dari DSSC, penggunaan *dye* jenis ini tetap menjadi pertimbangan besar dalam pengaplikasiannya. *Dye ruthenium* memiliki beberapa kekurangan yaitu cukup sulit disintesis, harganya yang mahal (Maddu dkk, 2007), jumlahnya sedikit di alam, bersifat toksik dan tidak ramah lingkungan (Dahlan dkk, 2016).

Diperlukan *dye* alami yang nilai serapannya tinggi untuk menggantikan *ruthenium*. *Dye* alami dapat berasal dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga atau buah (Hardeli, 2013). *Dye* alami ini meliputi pigmen yang terdapat dalam atau terbentuk melalui proses pemanasan, penyimpanan atau pemrosesan. Pigmen telah digunakan sejak zaman dahulu sebagai zat warna alami makanan, obat-obatan, tekstil dan kosmetika. Pigmen zat warna alami seperti karoten, biksin, karamel, klorofil dan antosianin dapat diperoleh dari bahan alami yang terdapat di alam seperti dalam buah, daun, batang dan umbi-umbian (Mukarromah, 2016).

Antosianin merupakan zat warna alami yang menghasilkan warna merah, oranye, ungu, biru, kuning, banyak terdapat pada bunga buah-buahan seperti buah anggur, *strawberry*, duwet, bunga mawar, kana, rosella, pacar air, kulit manggis, kulit manggis, kulit rambutan, ubi jalar ungu, daun bayam dll. Secara kimia yang merupakan kelompok dari senyawa antosianin termasuk dalam turunan suatu struktur aromatik tunggal adalah sianidin. Terdapat enam antosianidin yang umum, namun antosianidin yang paling umum ditemukan hingga saat ini adalah sianidin dengan

warna merah lembayung. Terdapat tiga jenis eter metil antosianidin yang sangat umum yaitu peonidin turunan dari sianidin serta senyawa petunidin dan malvidin yang terbentuk dari delphinidin. Semua senyawa antosianin tersebut terdapat sederatan glikosida dengan berbagai gula yang terikat didalamnya (Harbone: 1984). Adapun struktur umum dari senyawa antosianin adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4: struktur umum antosianin

E. Tanaman Alpukat

1. Klasifikasi Tanaman Alpukat

Tanaman alpukat berasal dari Amerika dan menyebar hingga ke negara tropis dan sub-tropis seperti Indonesia. Tanaman ini tumbuh baik di dataran rendah maupun dataran tinggi dan biasanya lebih suka hidup di daerah dengan iklim yang basah dengan curah hujan sekitar 1.500-3.000 mm per tahun (Sepadan, 2014). Hampir semua lapisan masyarakat di Indonesia mengenal dan menyukai buah alpukat karena mempunyai kandungan gizi yang baik. Terkhusus di Indonesia, permintaan buah alpukat semakin meningkat sehingga produksi buah alpukat telah mencapai 290.810 ton pada tahun 2012 dan produksi buah 10 tahun terakhir mencapai rata-rata 243.930 ton (Fauziah dkk, 2016).

Menurut Badan POM RI (2008), Klasifikasi tanaman alpukat sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Class	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Ranales</i>
Family	: <i>Lauraceae</i>
Genus	: <i>Persea</i>
Spesies	: <i>Persea americana</i> Mill



Gambar 2.2 Buah Alpukat (Sumber: Badan POM RI)

2. Kandungan Tanaman Alpukat

Bagian tanaman alpukat (*Persea americana* Mill) memiliki banyak manfaat. Pada daun alpukat mengandung senyawa flavonoid, tanin katekat, kuinon, saponin dan steroid/triterpenoid (Astarani, 2012). Sedangkan pada biji alpukat memiliki beberapa kandungan kimia yaitu tanin (Arifah, 2016), alkaloid, antosianin, flavonoid, triterpenoid, karbohidrat, saponin, asam palmitat, asam palmitoleat, asam stearat,

asam oleat serta β -sisterol (Sepadan, 2014). Kulit alpukat mengandung senyawa flavonoid, tanin dan antosianin (Fauziah dkk, 2016).

F. Metode Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu metode isolasi senyawa organik menggunakan pelarut tertentu (Atun, 2014). Prinsipnya yaitu pemisahan didasarkan pada perpindahan dari zat yang terlarut masuk ke dalam pelarut. Bahan yang akan diekstraksi umumnya dilakukan pengeringan dan penyerbukan sebelum proses ekstraksi. Proses ekstraksi komponen kimia dalam sel sampel yaitu pelarut organik akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung zat aktif, zat aktif akan larut dalam pelarut organik di luar sel, maka larutan terpekat akan berdifusi keluar sel dan proses ini akan berulang terus sampai terjadi keseimbangan antara konsentras cairan zat aktif di dalam dan di luar sel (Departemen Kesehatan RI, 1995).

Ekstraksi pemisahan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara dingin dan panas. Cara panas memiliki beberapa jenis ekstraksi yaitu refluks dengan menggunakan pelarut dengan temperatur titik didih dan waktu tertentu, sokletasi yaitu dengan menggunakan pelarut yang baru dan menggunakan alat tertentu, digesti yaitu dilakukan dengan suhu kamar berkisar 40-50⁰C, infus yaitu menggunakan pelarut air yang dididihkan yang berkisar pada suhu 15-20 menit, dekok yaitu suhu lebih tinggi dari infuse yaitu sampai 100⁰C (Istiqomah, 2013).

Metode ekstraksi maserasi merupakan salah satu metode ekstraksi secara dingin. Maserasi ialah proses pengekstrakan sampel dengan menggunakan pelarut tertentu. Metode ekstraksi biasanya digunakan untuk sampel berupa padatan yang telah mendapatkan beberapa perlakuan (pengeringan, penyerbukan, penghalusan) sebelum proses maserasi itu sendiri dengan tujuan agar sampel yang akan dimaserasi

memiliki permukaan yang lebih luas. Proses maserasi diawali dengan merendam sampel dalam wadah menggunakan pelarut yang telah ditentukan pada suhu kamar. Proses tersebut akan dilakukan selama beberapa hari hingga semua kandungan dari sampel terekstrak (difusi) dengan pelarut. Selama maserasi sesekali diaduk atau dikocok, hal ini bertujuan untuk mempercepat proses keseimbangan antara konsentrasi pelarut dengan konsentrasi kandungan yang terdapat dalam sampel (Atun, 2014).

Kelemahan dari metode maserasi yaitu membutuhkan banyak biaya karena banyak pelarut yang digunakan dan memerlukan waktu yang lama karena dilakukan secara berulang selama beberapa hari. Kelebihannya yaitu dapat menarik semua komponen yang ada dalam sampel dan tidak merusak komponen dalam sampel yang bersifat termolabil (Mukhriani, 2014)

G. Metode Identifikasi

1. Uji Fitokimia

Senyawa metabolit sekunder seperti golongan senyawa alkaloid, flavonoid dan terpenoid yang terdapat pada tumbuhan dapat diidentifikasi dengan menggunakan metode uji fitokimia. Setiap senyawa metabolit sekunder memiliki ciri dan warna khas terhadap suatu pereaksi. Menurut Harborne (1987) hasil positif yang dihasilkan dari uji alkaloid, flavonoid dan terpenoid menggunakan pereaksi Dragendorff, Wagner, Mayer, NaOH 10%, H_2SO_4 , $FeCl_3$ dan Liebermann Burchard dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Hasil Positif Pereaksi Uji Fitokimia

Uji Fitokimia	Pereaksi	Hasil positif
Flavonoid	NaOH 10%	Kuning tua menjadi kuning muda
	H ₂ SO ₄	Kuning tua menjadi merah muda
	FeCl ₃	Hijau kekuningan
Terpenoid	Liebermann	Merah keunguan
Steroid	Burchard	Biru atau Hijau
Alkaloid	Dragendroff	Endapan merah atau jingga
	Wagner	Warna Jingga atau endapan coklat
	Mayer	Endapan putih kekuningan

2. Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri serapan merupakan pengukuran dengan prinsip interaksi antara pancaran sinar radiasi elektromagnetik panjang gelombang tertentu dengan molekul atau atom dalam suatu senyawa yang mengakibatkan molekul tersebut mengalami transisi elektronik. Hal ini didasarkan bahwa molekul selalu mengabsorpsi cahaya elektromagnetik (UV-Tampak (UV-Vis)) jika frekuensi cahaya tersebut sama dengan frekuensi getaran dari molekul tersebut (Sitorus, 2013).

Spektrofotometri sering diaplikasikan dalam berbagai bidang dan pengaplikasiannya meliputi spektrofotometri ultraviolet, cahaya tampak, infra merah dan serapan atom. Serapan panjang gelombang untuk daerah ultraviolet adalah 200-380 nm, daerah cahaya tampak 380-780 nm, dan daerah infra merah 4000 cm⁻¹-200cm⁻¹ (Panji, 2012).

3. Spektrofotometri FTIR

Pengukuran spektrofotometri FTIR berfungsi untuk mengetahui berbagai vibrasi uluran gugus fungsional pada bilangan gelombang tertentu sehingga dapat diketahui identitas *dye* hasil ekstraksi. Spektroskopi inframerah berfokus pada radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi 400 cm⁻¹ sampai 4000 cm⁻¹ (Panji, 2012).

Setiap ikatan memiliki frekuensi rentang (*stretching*) dan bengkok (*bending*) yang khas. Tidak semua ikatan dalam suatu molekul dapat menyerap radiasi inframerah hanya ikatan yang memiliki momen dipol saja yang dapat menyerap radiasi inframerah (Sastrohamidjojo, 1990). Setiap tipe ikatan (C-H, C-C, C=O, C=C, O-H, dan sebagainya) dapat menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang yang berbeda-beda. Oleh karena itu, spektro inframerah dapat mengidentifikasi gugus fungsi pada molekul organik (Supratman, 2010: 66).

4. *Scanning Elektron Microscopy* (SEM)



Gambar 2.3 Diagram skematik fungsi dasar dan cara kerja *Scanning electron microscopy* (SEM) (Anggraeni, 2008)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk menggambarkan bentuk atau morfologi permukaan dari material yang akan dianalisis dalam skala mikro dan nano. SEM terdiri dari sebuah *elektron gun* atau senapan elektron yang menghasilkan berkas sinar elektron pada tegangan dipercepat sebesar 2 – 30 kV. Sinar elektron tersebut akan melewati beberapa lensa elektromagnetik yang memfokuskan elektron menuju ke sampel, kemudian sinar elektron yang terfokus akan membaca dengan

cepat (*scan*) keseluruhan sampel. Ketika sinar elektron sampai ke sampel, maka sampel akan mengeluarkan elektron baru dan akan diterima oleh detektor (Farikhin, 2016).



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai September sampai Desember 2017. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Evaporasi di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Hasanuddin. Analisis FTIR dan UV-Vis di Laboratorium Instrument Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, dan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) di Laboratorium Mikrostruktur Universitas Negeri Makassar

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu spektrofotometer FTIR Nicolet iS10, Spektrofotometer UV-Vis Varian Cary 50 Conc, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) tescan Vega 3SB, multimeter DT-680B, *rotary vaccum evaporator*, neraca analitik, kaca TCO (*Transparent Conductive Oxide*), Luxmeter, potensiometer 50 k Ω , *hot plate*, kabel, alat gelas, plat tetes, dan spatula.

2. Bahan

Simplisia yang digunakan adalah kulit buah alpukat (*Persea americana* Mill.) yang diperoleh dari pasar tradisional Sungguminasa Gowa. Bahan kimia yang digunakan, yaitu aquadest (H₂O), besi (III) klorida (FeCl₃) 5%, iodin (I₂), kalium iodida (KI₂), metanol (CH₃OH) teknis (Bratachem), natrium hidroksida (NaOH) 10%,

pereaksi Dragendorft, pereaksi Lieberment-Burchard, pereaksi mayer, pereaksi wagner dan titanium dioksida (TiO_2) p.a katalog 7508.

C. Prosedur Penelitian

1. Ekstraksi Senyawa kulit buah alpukat

Daging buah alpukat dipisahkan dari kulitnya. Kulit buah alpukat dibersihkan, dikeringkan pada suhu kamar dan digiling menjadi serbuk yang selanjutnya disebut simplisia. Simplisia sebanyak 200 gram dimaserasi dengan metanol selama 3 x 24 jam. Hasil maserasi kemudian disaring sehingga diperoleh residu dan filtrat. Seluruh filtrat yang diperoleh dipekatkan menggunakan *rotary vaccum evaporator* pada suhu 40-50°C dan 50 rpm hingga membentuk ekstrak pekat metanol dan ditentukan rendemennya.

2. Variasi pH

Untuk variasi pH pada ekstrak metanol kulit buah alpukat, dilakukan penambahan larutan bufer pada ekstrak yang telah disiapkan hingga ekstrak mencapai pH 2, 4, 6 dan 8. Setelah itu, dilakukan pengukuran efesiensi pada setiap ekstrak selama 3 hari dengan selang waktu 1 hari.

3. Preparasi perangkat DSSC

a. Preparasi TiO_2 (Wilman, dkk., 2007)

TiO_2 p.a katalog 7508 dilarutkan menggunakan aquadest (H_2O) panas kemudian dididihkan selanjutnya diendapkan dan disaring. Endapan tersebut dilarutkan kembali menggunakan pelarut etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) hingga terbentuk pasta lalu ditambahkan binder.-Prosedur pembuatan binder, yaitu:

- 1) Tambahkan *polyvinyl Alcohol* 10% berat ke dalam air, kemudian diaduk pada suhu 80°C.

- 2) Tambahkan suspensi tersebut dengan bubuk TiO_2 sebanyak kurang lebih 10% volume. Kemudian digerus dengan menggunakan mortar sampai terbentuk pasta yang baik untuk dilapisi.

b. Pembuatan larutan elektrolit (Rofi'ah dan Prajitno, 2013)

Untuk larutan elektrolit digunakan Kalium Iodida (KI_2) sebanyak 0,83 gr dan ditambahkan dengan Iodin (I_2) sebanyak 0,127 gr kemudian dilarutkan dalam 10 mL aquadest.

c. Pembuatan elektroda pembanding (Baharuddin dkk., 2016)

Kaca TCO dibersihkan dengan aquadest kemudian dikeringkan. Setelah itu, kaca TCO dipanaskan di atas api (lilin) hingga terbentuk warna hitam pada kaca TCO.

d. Merangkai perangkat DSSC (Baharuddin dkk., 2016)

Kaca TCO yang telah dibersihkan ditutup dengan isolasi bening disalah satu sisinya dan dilakukan pelapisan pasta TiO_2 p.a kemudian dilakukan proses sintering selama 30 menit. Kaca TCO yang telah dilapisi dengan TiO_2 kemudian ditetesi dengan ekstrak kulit Buah alpukat dan dibiarkan hingga terserap ke dalam TiO_2 . Selanjutnya ditetesi dengan larutan elektrolit dan ditutup dengan elektroda pembanding. Setelah rangkaian DSSC selesai, kemudian disambungkan dengan alat multimeter dan pengukur intensitas cahaya. Lalu disinari dengan sinar matahari dan dicatat arus serta tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian DSSC untuk menentukan nilai efisiensi.

3. Karakterisasi Senyawa pada kulit buah alpukat

a. Uji absorpsi senyawa pada ekstrak metanol kulit buah alpukat

Absorpsi dari senyawa ekstrak metanol kulit buah alpukat dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis *Varian Cary 50 Conc.* Panjang gelombang cahaya yang digunakan berkisar antara 400-800 nm.

b. Uji gugus fungsi pada ekstrak kental kulit buah alpukat

Spektra gugus fungsi dari ekstrak metanol kulit buah alpukat dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer FTIR *Nicolet iS10*.

c. Uji fitokimia meliputi :

1) Uji dengan FeCl_3 5%

Sampel diencerkan dengan pelarutnya kemudian dipipet ke dalam plat tetes lalu ditetesi dengan FeCl_3 5%, amati perubahan warna yang terjadi.

2) Uji dengan NaOH 10%

Sampel diencerkan dengan menggunakan pelarutnya lalu dipipet ke dalam plat tetes dan ditetesi dengan NaOH 10%. Amati perubahan warna yang terjadi.

3) Pereaksi Dragendorf

Sampel diencerkan menggunakan pelarutnya kemudian dipipet kedalam plat tetes dan ditetesi dengan pereaksi Dragendorf. Amati perubahan warna yang terjadi.

4) Pereaksi Mayer

Sampel diencerkan menggunakan pelarutnya kemudian dipipet kedalam plat tetes dan ditetesi dengan pereaksi Mayer. Amati perubahan warna yang terjadi.

5) Pereaksi Wagner

Sampel diencerkan menggunakan pelarutnya kemudian dipipet kedalam plat tetes dan ditetesi dengan pereaksi Wagner. Amati perubahan warna yang terjadi endapan berwarna jingga.

6) Pereaksi Lieberman-Burchard

Sampel diencerkan menggunakan pelarutnya kemudian dipipet ke dalam plat tetes dan ditetesi dengan pereaksi Lieberman-Burchard. Amati perubahan warna yang terjadi.

4. Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Kaca TCO dipotong dengan ukuran 0,5 cm x 0,5 cm. Kaca TCO yang telah dibersihkan, diletakkan di atas meja kerja. Salah satu sisinya ditutupi dengan isolasi bening lalu dilakukan proses pelapisan pada TiO_2 p.a kemudian dilakukan sintering selama 30 menit. Kaca TCO yang telah dilapisi kemudian ditetesi dengan ekstrak metanol kulit buah alpukat yang memiliki nilai efisiensi yang tinggi lalu dibiarkan hingga ekstrak tersebut meresap. Selanjutnya di uji menggunakan SEM.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Ekstraksi Kulit Buah Alpukat

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh rendemen ekstrak metanol kulit buah alpukat sebanyak 42.1% menggunakan metode maserasi.

2. Nilai Efisiensi

Nilai efisiensi DSSC dari ekstrak metanol kulit buah alpukat diukur dengan menggunakan multimeter (pengukuran arus dan tegangan) dan potensiometer (sebagai hambatan). Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Pengukuran Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat

Sampel	V	I	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (10 ⁻³ mw)	η (%)
Ekstrak metanol kulit buah alpukat	152	36.9	64900	9.501	5608.8	5.609	0.059

Tabel 4.2 Pengukuran Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat Yang Terstabilkan dengan Variasi Waktu dan Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat Dan TiO₂ Yang Terstabilkan dengan Variasi Waktu

Sampel	pH	Hari ke	V	I	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (10 ⁻³ mw)	η (%)
Ekstrak metanol kulit buah alpukat	4	1	318	21.1	23500	3.440	6709.8	6.709	0.195
Terstabilkan	4	2	19	19.6	46100	6.749	372.4	0.372	0.005
+ PVA	4	3	87	67.8	68600	10.043	5898.6	5.898	0.058

Ekstrak metanol kulit buah alpukat + PVA Terstabilkan	4	1	13	22.3	50300	7.363	289.9	0.289	0.003
	4	2	25	11.6	67600	9.896	290	0.290	0.002
	4	3	5	2.7	31700	4.640	13.5	0.013	0.0004

*: $1 \text{ lux} = 1,464 \cdot 10^{-7} \text{ W/M}^2$

3. Uji Fitokimia

Karakterisasi kandungan senyawa pada ekstrak kulit buah alpukat dilakukan dengan uji fitokimia. Hasil uji fitokimia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat

Golongan	Warna	Pengamatan
Flavonoid	Biru Gelap (FeCl_3 5%)	+
	Kuning Tua (NaOH 10%)	
Alkaloid	Endapan Jingga (Wagner)	+
	Kuning (Mayer)	
	Jingga (Dragendroff)	
Terpenoid	Merah (Lieberman-Burchard)	-

Keterangan : + = Hasil positif
- = Hasil negatif

4. Interpretasi Senyawa Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis bertujuan menentukan golongan senyawa berdasarkan daerah panjang gelombang. Hasil analisis yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil analisis UV-Vis Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat

Sampel	Panjang Gelombang (λ)	Absorbansi
Ekstrak metanol kulit buah alpukat	269 nm	1.021

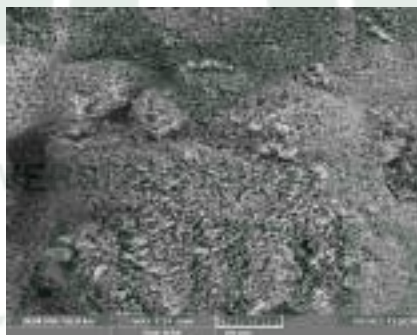
5. Interpretasi Senyawa Menggunakan Spektrofotometer Infra Merah Fourier (FTIR)

Analisis gugus fungsi senyawa diperoleh spektrum ekstrak metanol kulit buah alpukat. Hasil serapan FTIR dari ekstrak metanol kulit buah alpukat yaitu:

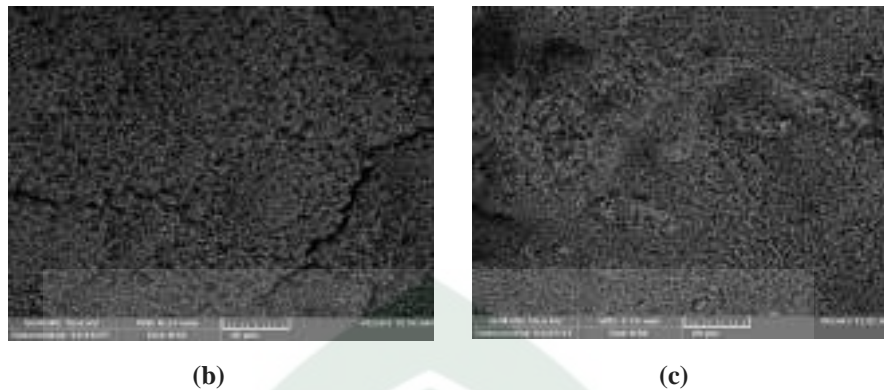
Tabel 4.5 Interpretasi Spektra FTIR

No	Bilangan Gelombang (Cm^{-1})	Intensitas	Gugus Fungsi
1	1109.41	Sedang	C – O
2	1378.36-1463.52	Sedang	C – H
3	1618.57	Sedang	C=C
4	1720.51	Sedang	C=O
5	2942.67 – 2852.67	Kuat	C – H
6	3422.80	Lebar	OH

6. Uji Morfologi Komponen DSSC



(a)



Gambar 4.1 (a) Morfologi TiO_2 20 μm , (b) Morfologi TiO_2 Merikat *Dye* Terstabilkan, (c) Morfologi TiO_2 Terstabilkan dan *Dye* Terstabilkan

B. Pembahasan

1. Ekstrak Kulit Buah Alpukat

Penelitian DSSC ini menggunakan metode ekstraksi maserasi untuk memperoleh zat warna yang akan digunakan sebagai *dye sensitizer*. Zat warna yang digunakan adalah ekstrak kulit buah alpukat. Kulit buah alpukat diekstrak menggunakan pelarut metanol yang bersifat hidrofilik yang bertujuan menarik senyawa antosianin yang juga bersifat hidrofilik (Seafast center, 2012). Pada saat proses maserasi berlangsung, dilakukan penambahan HCl 10% yang bertujuan memberikan suasana asam pada saat ekstraksi. Ekstraksi senyawa golongan flavonoid pada suasana asam akan mendenaturasi membran tanaman kemudian melarutkan pigmen antosianin sehingga dapat keluar dari sel serta dapat mencegah oksidasi flavonoid (Tensiska dkk, 2006). Hasil ekstraksi diperoleh filtrat yang selanjutnya dilakukan pemekatan menggunakan *rotary vacuum evaporator* untuk mendapatkan ekstrak pekat. Rendemen ekstrak metanol kulit buah alpukat yang diperoleh adalah 41.2%. Kuantitas rendemen yang diperoleh menunjukkan banyaknya metabolit sekunder yang terbawa oleh metanol pada saat proses maserasi (Ahmad dkk, 2015).

2. Rangkaian DSSC

Rangkaian DSSC terdiri dari kaca TCO (*Transparent Conductive Oxide*), TiO_2 , zat warna, elektroda karbon dan larutan elektrolit. Kaca TCO berfungsi sebagai elektroda kerja yang akan ditembus oleh foton yang berasal dari matahari. Dalam penelitian ini, Kaca TCO yang digunakan yaitu kaca dengan ukuran 25 mm x 25 mm dan resistensi kurang dari 7 Ω/sq . Sebelum diaplikasikan, dilakukan pengukuran resistensi kaca elektroda TCO terlebih dahulu dengan tujuan untuk mengetahui sisi kaca yang memiliki hambatan yang selanjutnya akan dilapisi dengan pasta semikonduktor dan karbon.

Pasta semikonduktor dibuat dari serbuk TiO_2 yang dilarutkan menggunakan etanol kemudian ditambahkan *polyvinyl alcohol* 10% selanjutnya dideposisikan di atas kaca TCO yang memiliki hambatan dengan metode *doctor blade*. Pada penelitian ini semikonduktor yang digunakan yaitu TiO_2 p.a katalog 7508. Selanjutnya *disintering* pada suhu $>400^\circ\text{C}$ dengan tujuan melekatkan pasta TiO_2 dengan kaca TCO dan memudahkan reaksi antara TiO_2 dengan *dye*. Kemudian kaca TCO yang telah dilapisi atau di deposisi dengan TiO_2 ditetesi ekstrak kulit buah alpukat yang telah disiapkan.

Proses selanjutnya ialah pembuatan elektroda lawan menggunakan karbon dengan cara kaca TCO dipanaskan di atas pembakaran lilin. Dalam hal ini karbon bertindak sebagai katalis dalam siklus DSSC. Masing-masing elektroda direkatkan kemudian dijepit menggunakan penjepit kertas lalu ditetesi dengan elektrolit. Proses selanjutnya diuji arus dan tegangan di bawah sinar matahari dengan rangkaian DSSC.

3. Nilai Efisiensi DSSC

Nilai efisiensi DSSC diukur menggunakan rangkaian alat yang terdiri dari multimeter yang berfungsi untuk mengukur arus (I) dan tegangan (V), lux meter untuk mengukur intensitas cahaya matahari, potensiometer sebagai pengatur tegangan dengan bantuan sinar matahari. Nilai efisiensi ekstrak metanol kulit buah alpukat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

P_{out} adalah daya maksimum yang dihasilkan oleh DSSC, nilai P_{out} dapat ditentukan dengan menggunakan rumus $P_{out} = \frac{V \times i}{1000000}$ sedangkan P_{in} adalah sumber cahaya yang masuk atau daya yang digunakan. P_{in} merupakan hasil konversi $1 \text{ lux} = 1,464 \cdot 10^{-7} \text{ W/M}^2$ (Maulina dkk, 2014).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh nilai efisiensi dari ekstrak metanol kulit buah alpukat sebesar 0.059%. Nilai efisiensi yang dihasilkan tergolong tinggi jika dibandingkan dengan nilai efisiensi fraksi metanol-n heksan (4:1) buah cabe merah hasil penelitian Maming dkk (2017) yaitu sebesar 0.034% namun tergolong rendah jika dibandingkan dengan nilai efisiensi hasil penelitian Aisyah dkk (2017) yaitu sebesar 0,12% yang menggunakan ekstrak metanol daun ketapang sebagai *sensitizer*. Rendahnya nilai efisiensi yang dihasilkan diduga karena adanya perbedaan kandungan senyawa pada ekstrak yang digunakan.

Selanjutnya, ekstrak metanol kulit buah alpukat dengan variasi pH diukur nilai efesiensinya dari hari pertama sampai hari ketiga dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel. 4.6 Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan variasi pH

pH	η (%)		
	Hari 1	Hari 2	Hari 3
Tanpa buffer	0.020	0.004	0.002
2	0.076	0.018	0.004
4	0.195	0.058	0.005
6	0.042	0.007	0.002
8	0.0003	0.001	0.0002

Berdasarkan tabel di atas, nilai efesiensi yang diperoleh sangat bervariasi. Nilai efesiensi tertinggi diperoleh pada ekstrak metanol pH 4 hari pertama yaitu sebesar 0,195%. Efesiensi yang diperoleh ini sudah tergolong tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Baharuddin dkk (2015) yang menggunakan ekstrak metanol daun jati sebagai *dye sensitizer* dengan nilai efesiensi 0.028% dan Misbachuddin dkk (2014) yang menggunakan ekstrak antosianin strawberry sebagai *dye sensitizer* dengan nilai efesiensi $2.560 \times 10^{-3}\%$. Namun, nilai efesiensi tersebut masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan sel surya berbasis silikon yaitu 17-25%. Rendahnya nilai efesiensi dapat dipengaruhi oleh stabilitas zat warna dari ekstrak metanol kulit buah alpukat yang diduga mengandung antosianin (Fauziah dkk, 2016). Salah satu yang mempengaruhi stabilitas zat warna antosianin adalah derajat keasaman (pH). Menurut Fatonah dkk (2016), antosianin lebih stabil pada pH asam dibandingkan pH basa. Namun dalam hal ini, antosianin lebih efisien dan stabil dalam pengaplikasiannya pada DSSC ketika berada dalam keadaan tidak terlalu asam yaitu pada pH 4. Berbeda dengan hasil penelitian Misbachuddin (2014) yang mendapatkan nilai efesiensi terbaik pada ekstrak antosianin pH 2. Hal ini dapat disebabkan oleh ekstrak yang digunakan mengandung zat warna lain selain antosianin.

Nilai efesiensi dari ekstrak metanol kulit buah alpukat dengan variasi pH dan TiO_2 terstabilkan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel. 4.7 Nilai Efesiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan variasi pH dan TiO_2 Terstabilkan

pH	η (%)		
	Hari 1	Hari 2	Hari 3
Tanpa buffer	0.002	0.001	0.0002
2	0.003	0.001	0.0002
4	0.003	0.002	0.0004
6	0.001	0.0008	0.0002
8	0.0002	0.0001	0.0001

Nilai efesiensi tertinggi dihasilkan pada pH 4 dihari pertama sebesar 0.0039%. Nilai efesiensi yang diperoleh tergolong sangat rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Andari (2017) yang juga melakukan penambahan PVA pada pasta TiO_2 dengan nilai efesiensi 0.52% Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu substrat yang digunakan sebagai komponen pendukung DSSC, jenis zat warna dan parameter pendukung lainnya.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai efesiensi DSSC pada penelitian ini, penggunaan zat warna alami ekstrak metanol kulit buah alpukat sebagai *sensitizer* belum maksimal, baik pada DSSC yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat tanpa distabilkan maupun yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat yang terstabilkan serta pasta semikonduktor terstabilkan yang diukur dengan selang waktu 1 hari selama 3 hari berturut-turut. Hal ini dapat dilihat pada nilai efesiensi tertinggi yang diperoleh hanya pada hari pertama saja yaitu 0,195% pada ekstrak metanol kulit buah alpukat pH 4 dan 0.0039% pada ekstrak metanol kulit buah alpukat pH 4 dengan pasta TiO_2 terstabilkan. Keduanya sama-sama menghasilkan nilai efesiensi yang masih tergolong rendah.. Rendahnya nilai efesiensi yang dihasilkan memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mencari nilai efesiensi

tertinggi dari zat warna alami dengan lebih memperhatikan hal-hal yang dapat menghambat nilai efisiensi seperti jenis zat warna yang digunakan, jenis semikonduktor, jenis elektrolit dan komponen pendukung lainnya serta perlakuan terhadap komponen-komponen tersebut. Mengingat sel surya berbasis pewarna alami ini memiliki kelebihan yaitu ekonomis dan ramah lingkungan.

4. Karakterisasi senyawa

a. Analisis kandungan fitokimia

Komponen yang terdapat dalam ekstrak metanol kulit buah alpukat dianalisis menggunakan beberapa pereaksi untuk golongan senyawa alkaloid, flavonoid dan terpenoid. Hasil uji fitokimia pada penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak metanol kulit buah alpukat mengandung golongan senyawa alkaloid dan flavonoid. Hasil ini berbeda dengan penelitian Fauziah dkk (2016) yang menyatakan bahwa kandungan metabolit sekunder ekstrak etanol kulit buah alpukat terdiri dari tanin, flavonoid dan antosianin. Perbedaan hasil uji fitokimia dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu iklim dan tempat tumbuh yang menyebabkan proses metabolisme berbeda (Sari, 2016) dan pelarut yang digunakan.

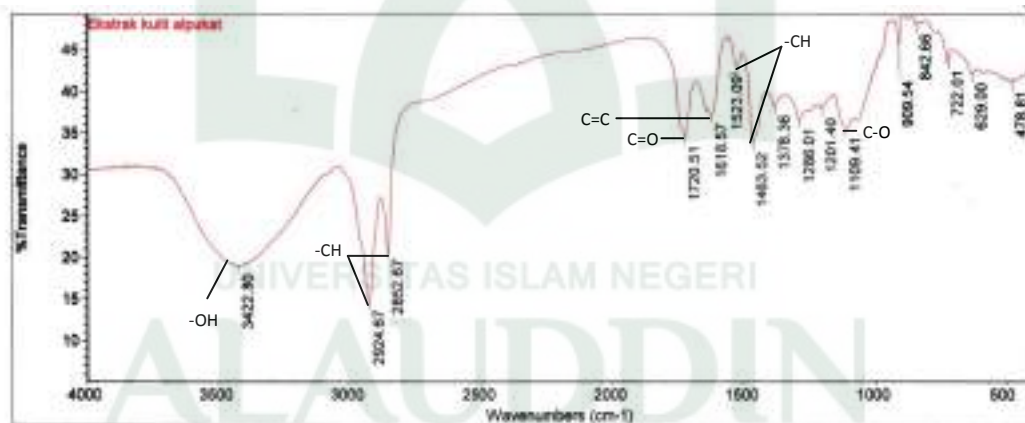
b. Spektrofotometer UV-Vis

Analisis kandungan senyawa menggunakan spektrofotometri UV-Vis diamati pada panjang gelombang 200 nm sampai 800 nm. Pada spektrum UV terdeteksi serapan maksimum pada panjang gelombang 269 nm yang menandakan adanya penyerapan antosianin dengan nilai absorbansi 1.021. Penyerapan maksimum pada daerah 269 nm diduga merupakan penyerapan antosianin. Menurut Juniarka dkk (2011), kandungan antosianin pada kondisi pH 4.5 akan menunjukkan puncak pada spektra UV antara 250-350 nm. Namun hasil ini berbeda dengan penelitian

Baharuddin dkk (2015) yang memperoleh penyerapan maksimum pada panjang gelombang 522 nm dan merupakan panjang gelombang yang khas untuk senyawa antosianin (Harborne, 1987). Perbedaan hasil penelitian tersebut dikarenakan sampel yang digunakan berbeda dan perlakuan sampel pada penelitian Baharuddin dkk (2015) menggunakan fraksi hasil KKCv yang lebih murni.

c. Spektrofotometer FTIR

Identifikasi gugus fungsi pada ekstrak metanol kulit buah alpukat menggunakan Spektrofotometer Inframerah pada panjang gelombang 500-4000 cm^{-1} . Spektrum FTIR menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3422.80 cm^{-1} , 2942.67 cm^{-1} - 2852.67 cm^{-1} , 1720.51 cm^{-1} , 1618.57 cm^{-1} dan 1378 cm^{-1} - 1463.52 cm^{-1} seperti yang terlihat pada gambar berikut:



Gambar 4.2: Hasil Serapan IR Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat

Pita serapan lebar pada bilangan gelombang 3422.80 cm^{-1} diindikasikan adanya vibrasi gugus OH dan didukung juga oleh munculnya vibrasi C-O alkohol pada bilangan gelombang 1109.41 cm^{-1} (Damayanti dkk, 2014). Selanjutnya pada bilangan gelombang 2942.67 cm^{-1} dan 2852.67 cm^{-1} dengan intensitas tajam mengindikasikan adanya vibrasi gugus C-H alifatik. Data ini diperkuat dengan

keberadaan vibrasi tekuk C-H pada bilangan gelombang 1378.50 cm^{-1} dan 1465.58 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1720.51 cm^{-1} diindikasikan adanya vibrasi gugus C=O dan 1618.57 cm^{-1} diindikasikan adanya vibrasi C=C (Silverstain, 2005).

Berdasarkan beberapa interpretasi spektrofotometer inframerah tersebut, gugus-gugus yang diperoleh sesuai dengan gugus fungsi pada kerangka dasar antosianin (Baharuddin dkk, 2015) yang memiliki gugus O-H, C-H, C=O karbonil, C=C aromatik, C-H aromatik dan C-O alkohol (Lestari dkk, 2014).

d. Morfologi komponen DSSC

Hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada Gambar 4.1 (a) terlihat pori-pori struktur nanopartikel TiO_2 yang sangat mempengaruhi penyerapan *dye* terhadap TiO_2 (Lee dkk, 2007) karena banyaknya pori-pori memudahkan *dye* tersensitisasi pada bagian tersebut. Selanjutnya pada Gambar 4.1 (b) dan (c) memperlihatkan penyebaran zat warna pada permukaan TiO_2 biasa dan TiO_2 terstabilkan. Dari Gambar 4.1 (b) dan (c) terlihat bahwa *dye* tidak terserap secara merata, hal ini menyebabkan nilai efisiensi yang dihasilkan tidak begitu optimal.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai efesiensi yang diperoleh dari ekstrak metanol kulit buah alpukat adalah 0.059%
2. Nilai efesiensi tertinggi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat yang terstabilkan sebagai *dye sensitizer* adalah 0.195%.
3. Nilai efesiensi tertinggi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang menggunakan ekstrak metanol kulit buah alpukat sebagai *dye sensitizer* dan TiO_2 yang terstabilkan adalah 0.003%.

B. Saran

Saran untuk peneliti selanjutnya yaitu sebaiknya menggunakan PVA (*polivinil alkohol*) dengan konsentrasi yang lebih rendah pada pasta TiO_2 . Hal ini dikarenakan pasta TiO_2 yang terstabilkan dengan PVA berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan pasta TiO_2 lebih tidak stabil dalam penyerapan zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

Alqur'an alkarim.

Aisyah dkk. "Pengaruh Kandungan Senyawa pada Ekstrak Daun Ketapang n-Heksan, Etil Asetat, Metanol dan Campuran Terhadap Nilai Efesiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)". *Al-Kimia* Vol.5 No. 2 (2017). h. 170-180.

Agustini, Sustia, Doty Dewi Risanti dan Dyah Sawitri."Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Berdasarkan Fraksi Volume TiO₂ Anatase-Rutile dengan *Gracinia mangostana* dan *Rhoeo Spathacea* sebagai *Dye Fotosensitizer*". *Jurnal Teknik Pomtis* Vol. 2 No. 2. (2013). h. 131-136.

Ahmad, Aktsar Roskiana, Juwita, Siti Afrianty Daniya Ratulangi dan Abdul Malik. "Penetapan Kadar Fenolik dan Flavonoid Total Ekstrak Methanol Buah dan Daun Patikala (*Etlintera elatior* (Jack) R.M.SM). *Pharm Sci Res* Vol. 2. No. 1 (2015). h. 1-10.

Alfanz, Rocky, Fadjar Maulana K dan Heri Haryanto., "Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS PLT B-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal" *Setrum*. Vol.4 No.2 (2015). h. 34-42.

Amelia,Rizki, Doty Dewi Risanti, dan Dyah Sawitri. (Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan Sintesis *Dye* Komposit dari *Garcinia mangostana*, *Celosia cristata*, *Beta vulgaris rubradan* *Musa aromatic* pada Fraksi Volume TiO₂ Optimum). *Jurnal Teknik Pomits* Institut Teknologi Sepuluh Nopember Vol.² 1, No. 1, (2014). h. 1-5.

Aminah dkk. "Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol Kulit Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) dengan metode spektrofotometri UV-Vis". *Jurnal Fitofarmaka Indonesia* Vol. 4 No. 2, (2017). h. 226-230

Andari, Rafika. "Sintesis dan Karakterisasi *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) dengan Sensitizer Antosianin dari Bunga Rosella" *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* 13, no. 2 (2017). h. 88-95.

Ardianto, Rino,Wahyuananto Agung Nugroho dan Sandra Malin Sutan. "Uji Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Lapisan *Capacitive Touchscreen* Sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil *Nannochloropsis Sp.* Sebagai *Dye Sensitizer* dengan Variasi Ketebalan Pasta TiO₂". *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* Vol. 3 No. 3 (2015). h. 325-337.

Arifah, Chuniati Nur, Chairul Saleh dan Erwin. "Uji Fitokimia dan Uji Stabilitas Zat Warna Ekstrak Biji Buah Alpukat (*Persea Americana* Mill.)dengan Metode Spektroskopi UV-Vis". *Jurnal Anatomi* Vol. 1 No.1 (2016). h.18-22.

- Ash Shiddiqy, Teungku Muhammad Hasbi. *Tafsir Al-Qur'an Majid An Nur*. Jakarta, Risky Grafis : 1987.
- Astrani, Monica Citraningtyas. "Pengaruh Ekstrak Etanol Daun Alpukat (*Persea Americana* Mill.) Terhadap Mortalitas Cacing *Ascaris suum*, Goeze *In Vitro*". *Skripsi Universitas Sebelas Maret* (2012).
- Atun, Sri. "Metode Isolasi dan Identifikasi Struktur Senyawa Organik Bahan Alam". *Jurnal Pendidikan Kimia* Vol. 8, No. 2 (2014). h. 53-61.
- Baharuddin dkk. "Karakterisasi Zat Warna Daun Jati (*Tectona grandis*) Fraksi Metanol: *n*-Heksana sebagai *Photosensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell*". *Chemical et Natura Acta* Vol. 3 No. 1, (2015).h. 37-41.
- Bahreishy, H. Salim dan Said Bahreishy. *Tafsir Ibnu Katsier*.Jilid 4. Kuala Lumpur, Victory Agencie : 1988.
- BPS-Statistik Indonesia, 2013
- Dahlan, Dahyunir Dkk. " *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) dengan Sensitiser *Dye* Alami Daun Pandan, Akar Kunyit dan Biji Beras Merah (*Black Rice*) *Jurnal Ilmu Fisika* Universitas Andalas Vol 8 No 1(2016). h. 1-8.
- Damayanti, Retno, Herdeli dan Hary Sajaya. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell* (Dssc) Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.)*Jurnal Sainstek* Universitas Negeri Padan Vol. VI No.2 (2014). h. 148-157.
- Darmaja, Hendradkk. "Pembuatan Prototipe *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) Berbasis Nanopori TiO_2 Memanfaatkan Ekstraksi Antosianin Kol Merah (*Brassica Oleracea* Var) Prosiding *Mathematics And Sciences* Universitas Sebelas Maret (2014). h.35-40.
- Darmawan, Muh Iman, Hardani, Hendra Darmaja, Agus Supriyanto dan Cari. " Studi Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) Menggunakan Ekstrak *Dracaena Angustifolia* (Daun Suji)". *Prosiding Mathematics and Sciences* (2014). h. 57-60.
- Ekasari, Vitriany dan Gatut Yudoyono. "Fabrikasi DSSC dengan *Dye* Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Linn Var. *Rubrum*) Variasi Larutan TiO_2 Nanopartikel Bewrfase Anatase dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*". *Jurnal Sains dan Seni Pomtis* Vol. 2 No. 1 (2013). h. B15-B20.
- Fahyuan, Helga Dwi, Ssamsidar, Faizar Farid, Heriyanti, Sampe Napitupulu dan Sarina Pakpahan. "Desain Prototipe Sel Surya DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) Lapisan Grafit/ TiO_2 Berbasi *Sye* Alami". *Jop* Vol. 1 No. 1 (2015). h. 5-11.
- Fatonah, Nur dkk. "Uji Stabilitas Zat Warna Ekstrak Buah Seggani (*Melastoma malabathricum* L)". *Jurnal JKK* Vol. 5 No. 1 (2016). h. 29-35

- Fauziah, Nidiya Ayu, dkk. "Ekstraksi dan Uji Stabilitas Zat Warna dari Kulit Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) dengan Metode Spektroskopi UV-VIS" *Jurnal Atomik* (2016). h. 23-27.
- Farikhin, Fahrizal. "Analisa *Scanning Microscope* Komposit *Polyester* dengan *Filler* Karbon Aktif dan Karbon Non Aktif". *Naskah Publikasi* Universitas Muhammadiyah Surakarta (2016). h.1-16.
- Gratzel, Michael. "*Dye-Sensitized Solar Cell*". *Journal of Photochemistry and Photobiology* Swiss Federal Institute of Technology (2003).
- Harbone, J.B. *Phytochemical Methodes*, terj. Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung: ITB, 1987
- Hardeli, Suwardani, Ricky, Fernando T, Maulidis dan Silvia Ridwan. "*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Berbasis Nanopori TiO_2 Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami". *Prosiding Semirata FMIPA* Universitas Lampung (2013). h. 155-161.
- Istiqomah, "Perbandingan Metode Ekstraksi Masrsi dan Sokletasi Terhadap Kadar Piperin Buah Cabe Jawa (*Piperis retrofracti fructus*)" *Skripsi* (2013).
- Juniarka, I Gede Agus, Endang Lukitaningsih dan Sri Noegrohati." Analisis Aktivitas Anosianin Total Ekstrak dan Liposom Kelopak Bunga Rosella (*Hibicus sabdariffa* L). *Majalah Obat Tradisional* Vol. 16 No. 3 (2011). h. 115-123.
- Kementrian Agama RI. *Al-Quran dan Terjemahan*. Jakarta: Cipta Bagus Segara, 2017.
- Kholiq, Imam. "Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM". *Jurnal Iptek* Vol. 9 No. 2 (2015). h. 75-91
- Lee, S, H. dkk., "Characterization of DyeSensitized Solar Cell with ZnO Nanorod". *Journal Engineering Technology and Education* 9, no. 5 (2007), h.545- 552.
- Maddu, Akhiruddin, Mafuddin Zuhri dan Irmansyah. "Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah Sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya TiO_2 Nanokristal Tersensitasi *Dye*". *Makara Teknologi* Vol. 11 No. 2 (2007). h. 78-84
- Maming, Muh Siddiq, Aisyah, Suriani, Iswadi. "Photosensitizer dari Fraksi Metanol: N-Heksan Buah Cabe Merah (*Capsicum annum* L.)". *Al-Kimia* Vol.5 No. 1. (2017), h. 31-38.
- Maulina, Anna dkk."Preparasi *Dye Sensitized Solar Cel* Menggunakan Ekstrak Antosianin Kulit Buah Manggis (*garcinia mangostana l*). *Sainstek* 1. no. 2 (2014): h. 158-167.

- Misbachuddin dkk. “ Pengaruh pH Larutan Antosianin Strawberry dalam Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)”. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* Vol.10 No. 2, (2014). h. 57-62.
- Mohammad T.B., Mohmad H.B., dan Farhad M. 2004. *Antitussive effect of portulocooleracea l. in guinea pigs*. *Iran J. Pharmaceut. Res.* 3: 187-90.
- Mukarromah. “Pengaruh Waktu Perendaman Nanokomposit MgO-SnO₂ pada Larutan Ekstrak Daun Jati dan Buah Mangsi Terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)”. *Skripsi* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim (2016).
- Mukhriani. “Ekstraksi, Pemishan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif”. *Jurnal Kesehatan* Vol. 7 No. 2 (2014). h. 361-367.
- Outlook Energi Indonesia, 2014.
- Panji, Tri. *Teknik Spektroskopi untuk Elusidasi Struktur Molekul*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2012.
- Prananto dkk., “Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) Berbahan Dasar Klorofil Daun Cincin Sebagai Fotosensitizer” *Jurnal Seminar Nasional Fisika* Universitas Negeri Jakarta, (2013). h. 30-32.
- Prasada, Ashari Bayu, Hardani, Cari, dan Agus Supriyanto. “Studi Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Ekstrak *Sansevieria Trifasciata* (Daun Lidah Mertua)”. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIX HFI Jateng dan DIY* (2015).h. 51-54.
- Prasetyo, Yoga Hari, Sayekti Wahyuningsih dan Risa Suryana. “ Studi Variasi Elektrolit Terhadap Kinerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)”. *Jurnal Fisika Indonesia* Vo. 18 No. 53 (2014).h. 47-49.
- Putro, Sunarto. “Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Posisi Pelat *Photovoltaic* Horizontal”. *Media Mesin* Vol. 9 No. 1 (2008). h. 28-34.
- PP Nomor 79 tahun 2014 tentang kebijakan Energi Nasional
- Rofi'ah, Iftihatur dan Gontjag Prajitno. “Pengaruh Penggunaan Elektrolit Gel Terhadap Arus dan Tegangan DSSC Prototipe DSSC Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Sebagai *Dye Sensitizer*”. *Jurnal Sains dan Seni Pomtis* Vol. 3 No.1 (2013). h. 1-6.
- Rusman, “ Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell dengan Kapasitas 50 WP” *Jurnal Teknik Mesin* Universitas Muhammadiyah Metro Vol. 4 No. 2 (2015). h. 84-90.
- Sari MK. “Uji aktivitas antikanker ekstrak kemedangan pohon penghasil gaharu hasil inokulasi”. *Skripsi* Institut Pertanian Bogor (2013).

Sastrohamidjojo, H. *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta: 1990.

Sepadan, Akbar. "Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol 96% Biji Buah Alpukat (*Persea Americana* Mill.) Terhadap Larva *Artemia salina* Leach dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT)". *Skripsi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah* (2014).h.

Seafast Center. *Merah Ungu Antosianin*. 2012.

Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah* Vol. 7 dan 15, Jakarta, Lenterahati :2002.

Silverstein, Robert M., dkk. *Spectrometric identification of organic compounds*. Amerika: Lehigh Press, 2005.

Simon, M., Aswani, Y., Peng, G., Robin, H.B., Basile, F.R.C., Negar, A.A., Ivano, T., Ursula R., Nazeeruddin, K., Gretzel, M., "Dye Sensitized Solar Cells With 13% Efficiency Achieved Trough The Molecular Engineering Of Porphyrin Sensitizer". *Nature Chemistry* Vol. 1861 (2014).

Sitorus, Tulus B, Farel H. Napitupulu dan Himsar Ambarita. "Korelasi Temperatur Udara dan Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Performasi Mesin Pendingin Siklus Adsorpsi Tenaga Matahari". *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cylinder* Vol. 1 No. 1 (2014). h. 8-17.

Suprptman, Unang. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik*. Bandung : Widya Padjajaran, 2010.

Suriadi dan Mahdi Syukri. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh" *Jurnal Rekayasa Elekrika* Vol. 9 No. 2 (2010).h. 77-80.

Tensiska, E., Sukarminah, dan Natalia, D. "Ekstraksi Pewarna Alami dari Buah Arben (*Rubus idaeus* (Linn.)) dan Aplikasinya pada Sistem Pangan". *Jurnal Teknol dan Industri Pangan* Vol. 18 No. 1 (2007). h. 25-31.

Wijayanti, Sarroh. (Fabrikasi *Prototype DSSC (Dye-Sensitized Solar Cell)* Menggunakan Klorofil Bayam (*Amaranthus hybridus L.*) Sebagai *Dye* Alami). *Skripsi Universitas Sebelas Maret* (2010).

Yuliananda dkk., "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya" *Jurnal Pengabdian LPPM UNTAG Surabaya* Vol. 01 No. 02 (2015). h. 193-202.

Zahrok, Zid Latifataz dan Gontjang Prajitno. "Ekstrak Buah Murbei (*Morus*) sebagai *Sensitizer* Alami *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Substrat Kaca ITO dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating* Ekstrak Buah Murbei (*Morus*) sebagai *Sensitizer* Alami *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC)

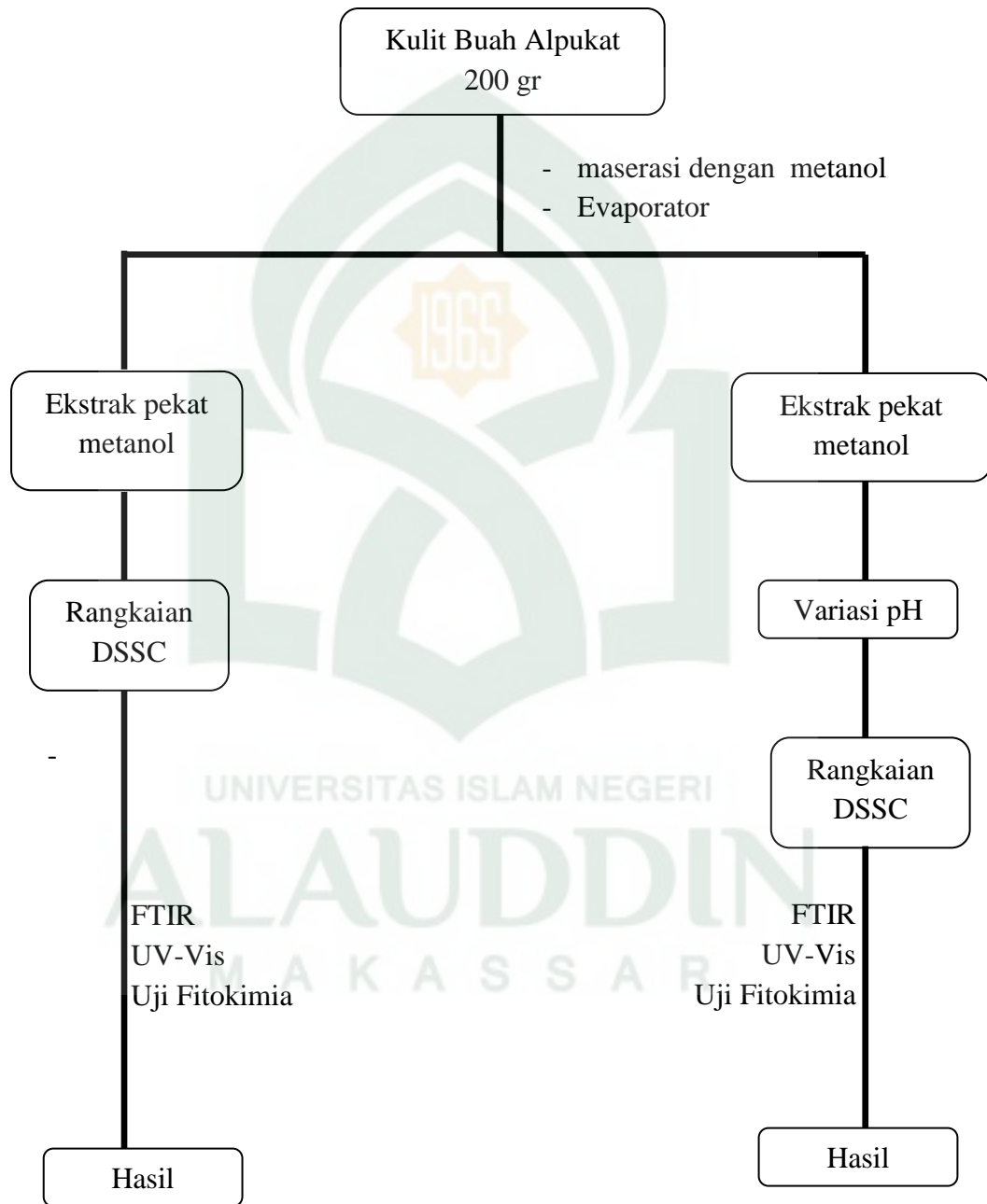
Menggunakan Substrat Kaca Ito dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*”
Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 4 No. 1 (2015). h. B26-B31.

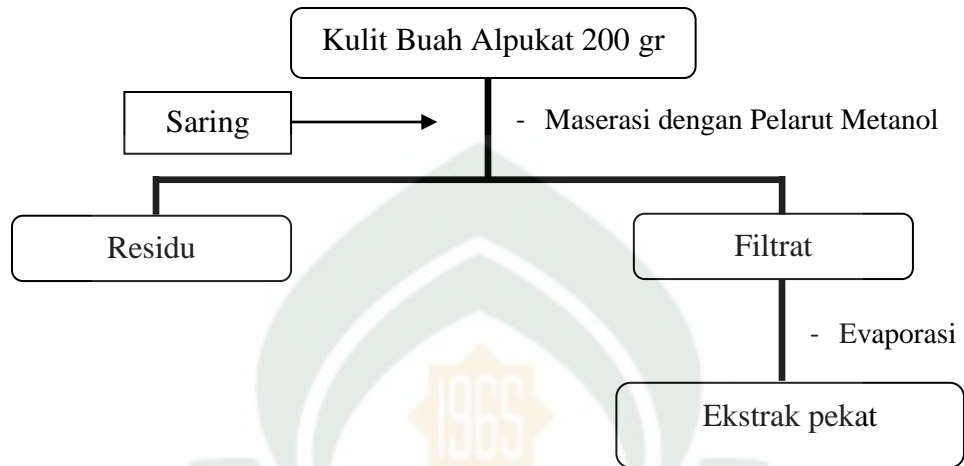
Zamrani, R.A dan Gontjang Prajitno. “Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Kulit Buah Manggis Sebagai *Dye Sensitizer* dengan Metode Doctor Blade”. *Jurnal Sains dan Pomtis* Vol. 1 No. 2 (2013). h. 1-6.



LAMPIRAN

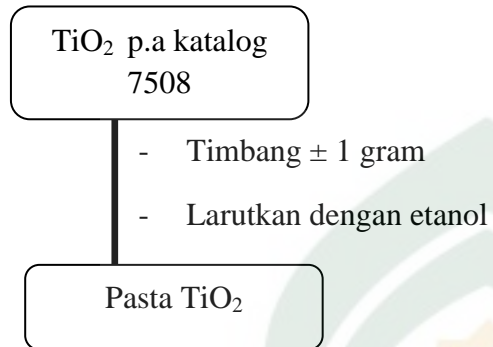
Lampiran 1 : Bagan Kerja Penelitian



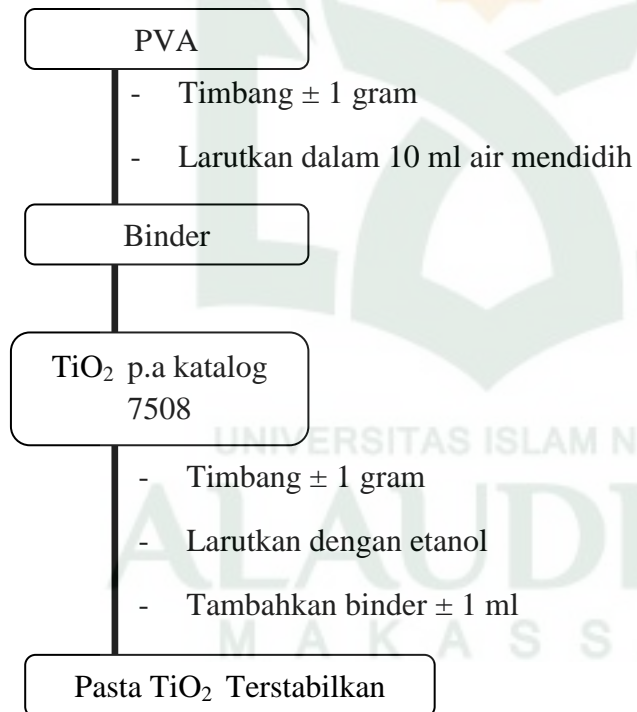
Lampiran 2 : Skema Prosedur Kerja**1. Ekstraksi Senyawa pada Kulit Buah Alpukat**

2. Preparasi TiO_2

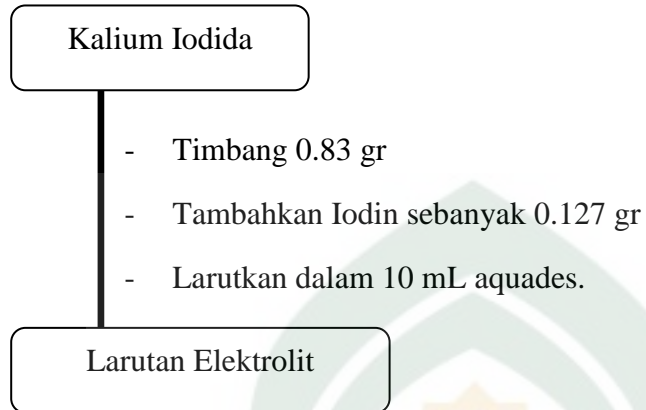
a. TiO_2 Biasa



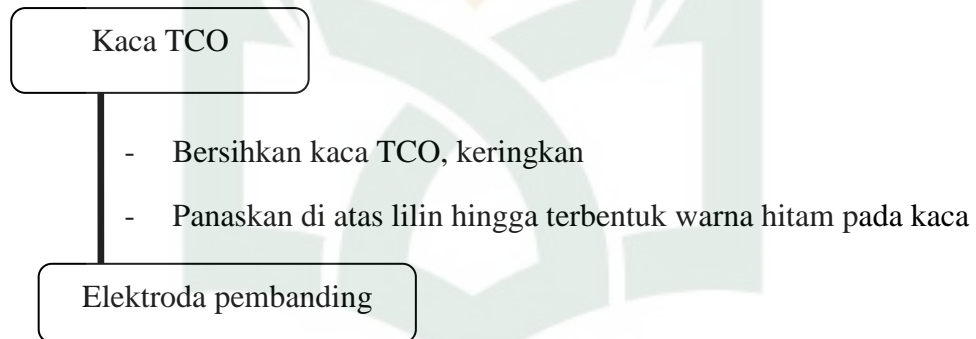
b. TiO_2 Terstabilkan



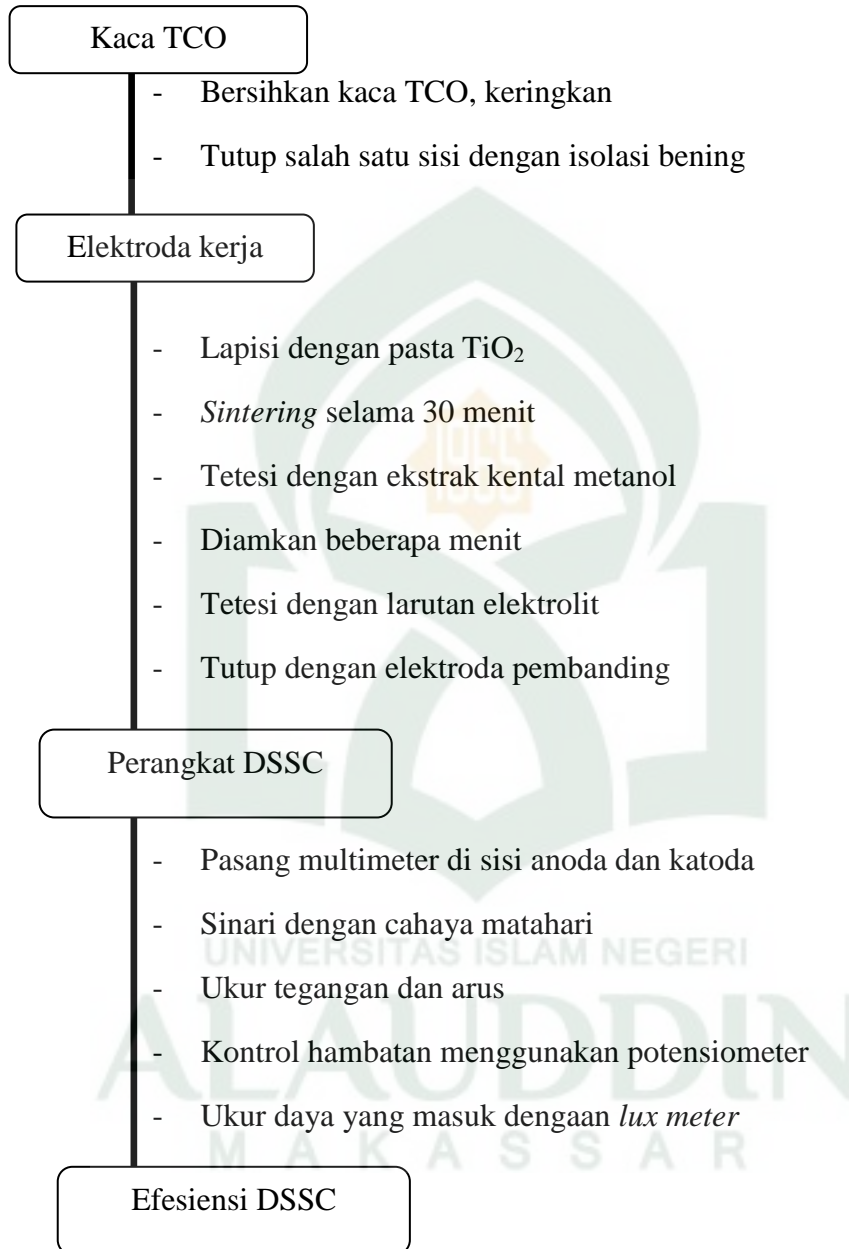
3. Pembuatan Larutan Elektrolit



4. Pembuatan Elektroda Pembanding



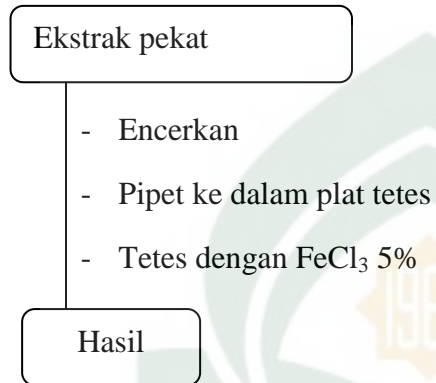
5. Rangkaian DSSC



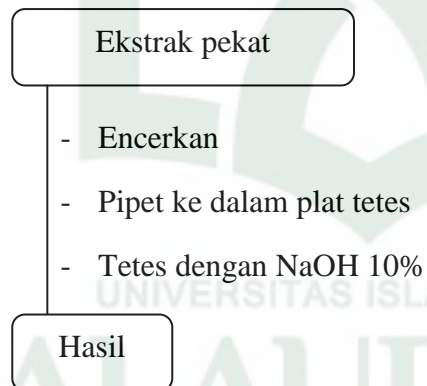
6. Karakterisasi Senyawa Kulit buah alpukat

a. Uji Fitokimia

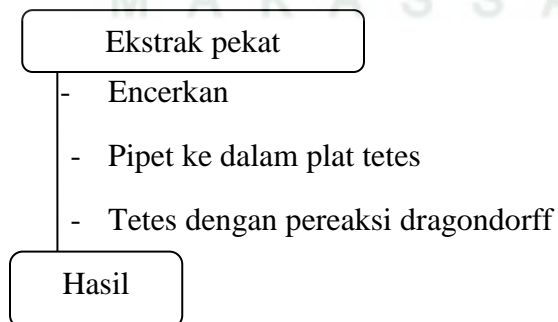
1) Uji dengan FeCl_3 5%



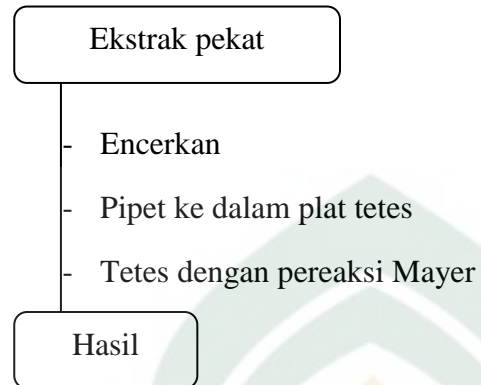
2) Uji dengan NaOH 10%



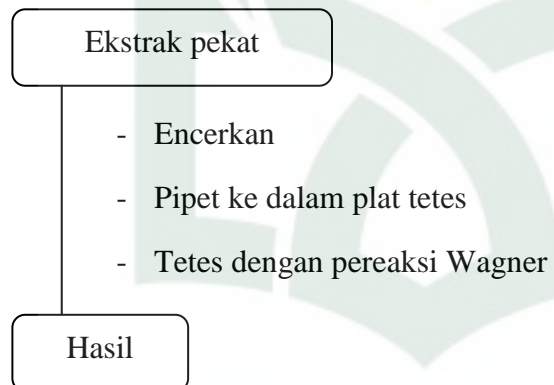
3) Uji dengan Pereaksi Dragondorf



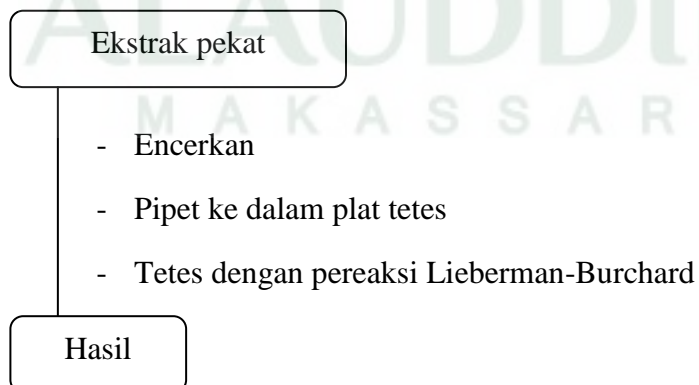
4) Uji dengan Pereaksi Mayer



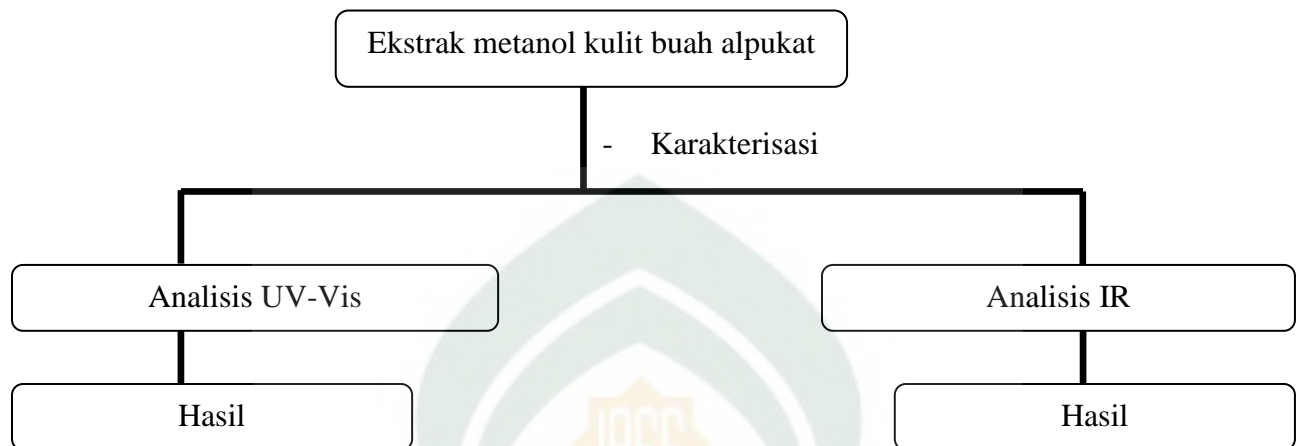
5) Uji dengan Wagner



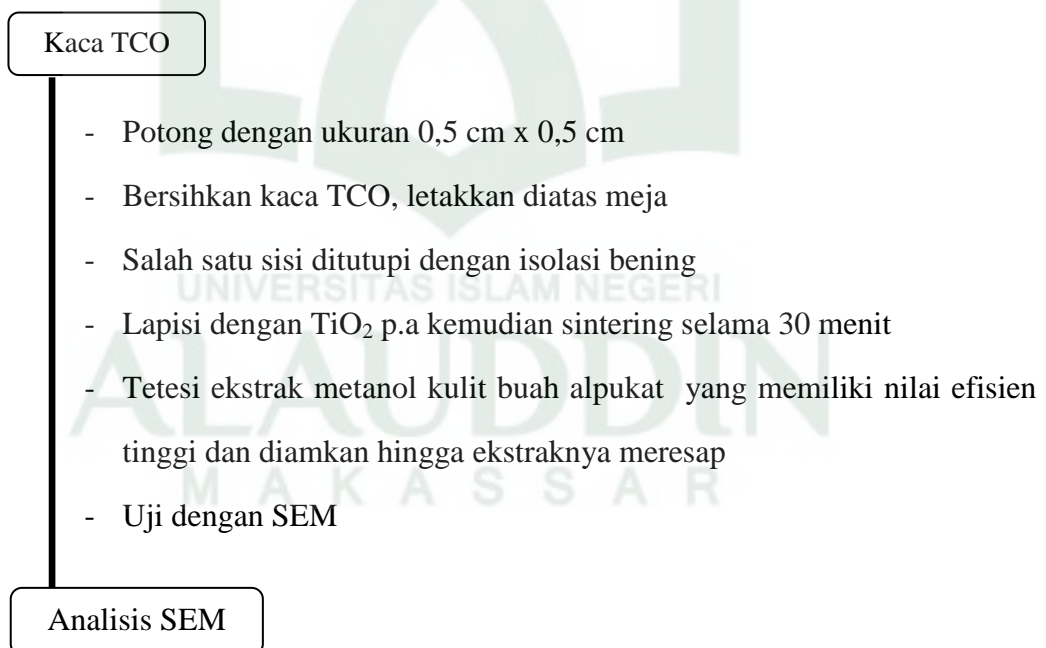
6) Uji dengan pereaksi Lieberman-Burchard



b. Analisis UV-Vis dan FTIR



7. Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)



Lampiran 3 : Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
207	8,8	649	64900	9,50136	1821,6	0,001822	0,019172
199	10,7	649	64900	9,50136	2129,3	0,002129	0,02241
194	10,8	649	64900	9,50136	2095,2	0,002095	0,022052
187	14,4	649	64900	9,50136	2692,8	0,002693	0,028341
152	36,9	649	64900	9,50136	5608,8	0,005609	0,059032

Lampiran 4: Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Pertama

1. pH 0

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
116	16,7	723	72300	10,58472	1937,2	0,0019372	0,018302
102	20,5	723	72300	10,58472	2091	0,002091	0,019755
74	28,8	723	72300	10,58472	2131,2	0,0021312	0,020135
39	34,5	723	72300	10,58472	1345,5	0,0013455	0,012712
34	39,8	723	72300	10,58472	1353,2	0,0013532	0,012784

2. pH 2

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
270	17,2	649	64900	9,50136	4644	0,004644	0,048877
249	27,3	649	64900	9,50136	6797,7	0,0067977	0,071544
88	82,7	649	64900	9,50136	7277,6	0,0072776	0,076595
82	87	649	64900	9,50136	7134	0,007134	0,075084
80	82,6	649	64900	9,50136	6608	0,006608	0,069548

3. pH 4

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
324	13,3	235	23500	3,4404	4309,2	0,0043092	0,125253
321	15,7	235	23500	3,4404	5039,7	0,0050397	0,146486
318	21,1	235	23500	3,4404	6709,8	0,0067098	0,19503
290	22,5	235	23500	3,4404	6525	0,006525	0,189658
207	23,4	235	23500	3,4404	4843,8	0,0048438	0,140792

4. pH 6

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
126	4	611	61100	8,94504	504	0,000504	0,005634
125	4,6	611	61100	8,94504	575	0,000575	0,006428
121	4,9	611	61100	8,94504	592,9	0,0005929	0,006628
119	8,2	611	61100	8,94504	975,8	0,0009758	0,010909
99	38,4	611	61100	8,94504	3801,6	0,0038016	0,0425

5. pH 8

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
23	0,6	575	57500	8,418	13,8	0,0000138	0,000164
22	0,7	575	57500	8,418	15,4	0,0000154	0,000183
17	1,6	575	57500	8,418	27,2	0,0000272	0,000323
16	1,9	575	57500	8,418	30,4	0,0000304	0,000361
6	3,9	575	57500	8,418	23,4	0,0000234	0,000278

Lampiran 5: Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi
pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Kedua

1. pH 0

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
57	7,8	676	67600	9,89664	444,6	0,0004446	0,004492
48	9,3	676	67600	9,89664	446,4	0,0004464	0,004511
41	11,3	676	67600	9,89664	463,3	0,0004633	0,004681
32	13,6	676	67600	9,89664	435,2	0,0004352	0,004397
19	16,6	676	67600	9,89664	315,4	0,0003154	0,003187

2. pH 2

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
202	4,4	751	75100	10,99464	888,8	0,0008888	0,008084
200	4,6	751	75100	10,99464	920	0,00092	0,008368
193	6,2	751	75100	10,99464	1196,6	0,0011966	0,010883
181	9,8	751	75100	10,99464	1773,8	0,0017738	0,016133
142	13,94	751	75100	10,99464	1979,48	0,0019795	0,018004

3. pH 4

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
166	19,1	686	68600	10,04304	3170,6	0,0031706	0,03157
161	25,9	686	68600	10,04304	4169,9	0,0041699	0,04152
150	31,4	686	68600	10,04304	4710	0,00471	0,046898
131	40	686	68600	10,04304	5240	0,00524	0,052175
87	67,8	686	68600	10,04304	5898,6	0,0058986	0,058733

4. pH 6

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
109	4,7	603	60300	8,82792	512,3	0,0005123	0,005803
101	6,5	603	60300	8,82792	656,5	0,0006565	0,007437
81	8,2	603	60300	8,82792	664,2	0,0006642	0,007524
67	8,6	603	60300	8,82792	576,2	0,0005762	0,006527
47	13,2	603	60300	8,82792	620,4	0,0006204	0,007028

5. pH 8

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
39	2	731	73100	10,70184	78	0,000078	0,000729
36	2,3	731	73100	10,70184	82,8	0,0000828	0,000774
19	3	731	73100	10,70184	57	0,000057	0,000533
16	9,6	731	73100	10,70184	153,6	0,0001536	0,001435
13	13,7	731	73100	10,70184	178,1	0,0001781	0,001664

Lampiran 6: Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Ketiga

1. pH 0

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
26	5,8	524	52400	7,67136	150,8	0,0001508	0,001966
23	6,5	524	52400	7,67136	149,5	0,0001495	0,001949
21	7,7	524	52400	7,67136	161,7	0,0001617	0,002108
16	9,6	524	52400	7,67136	153,6	0,0001536	0,002002
11	10,3	524	52400	7,67136	113,3	0,0001133	0,001477

2. pH 2

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
79	1,6	468	46800	6,85152	126,4	0,0001264	0,001845
72	1,7	468	46800	6,85152	122,4	0,0001224	0,001786
70	4,5	468	46800	6,85152	315	0,000315	0,004598
32	8,8	468	46800	6,85152	281,6	0,0002816	0,00411
16	15,8	468	46800	6,85152	252,8	0,0002528	0,00369

3. pH 4

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
33	1,4	461	46100	6,74904	46,2	0,0000462	0,000685
32	2,2	461	46100	6,74904	70,4	0,0000704	0,001043
31	3	461	46100	6,74904	93	0,000093	0,001378
21	10	461	46100	6,74904	210	0,00021	0,003112
19	19,6	461	46100	6,74904	372,4	0,0003724	0,005518

4. pH 6

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
49	3,5	521	52100	7,62744	171,5	0,0001715	0,002248
44	4	521	52100	7,62744	176	0,000176	0,002307
38	4,9	521	52100	7,62744	186,2	0,0001862	0,002441
32	5,2	521	52100	7,62744	166,4	0,0001664	0,002182
29	5,6	521	52100	7,62744	162,4	0,0001624	0,002129

5. pH 8

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
17	0,7	445	44500	6,5148	11,9	0,0000119	0,000183
16	0,9	445	44500	6,5148	14,4	0,0000144	0,000221
14	1,1	445	44500	6,5148	15,4	0,0000154	0,000236
7	1,9	445	44500	6,5148	13,3	0,0000133	0,000204
3	3,6	445	44500	6,5148	10,8	0,0000108	0,000166

Lampiran 7: Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO₂ Terstabilkan Hari Pertama

1. pH 0

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
36	0,8	363	36300	5,31432	28,8	0,0000288	0,000541932
35	1,1	363	36300	5,31432	38,5	0,0000385	0,000724458
33	1,6	363	36300	5,31432	52,8	0,0000528	0,000993542
24	3,7	363	36300	5,31432	88,8	0,0000888	0,001670957
17	6,8	363	36300	5,31432	115,6	0,0001156	0,002175255

2. pH 2

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
59	6	899	89900	13,16136	354	0,000354	0,002689692
53	7,2	899	89900	13,16136	381,6	0,0003816	0,002899396
45	9,5	899	89900	13,16136	427,5	0,0004275	0,003248145
29	13,2	899	89900	13,16136	382,8	0,0003828	0,002908514
14	11,7	899	89900	13,16136	163,8	0,0001638	0,001244552

3. pH 4

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
24	6,4	503	50300	7,36392	153,6	0,0001536	0,002085846
23	7,9	503	50300	7,36392	181,7	0,0001817	0,002467436
19	11,7	503	50300	7,36392	222,3	0,0002223	0,003018773
14	17,3	503	50300	7,36392	242,2	0,0002422	0,003289009
13	22,3	503	50300	7,36392	289,9	0,0002899	0,003936762

4. pH 6

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
35	2,8	887	88700	12,98568	98	0,000098	0,000754677
27	4,9	887	88700	12,98568	132,3	0,0001323	0,001018815
23	8,7	887	88700	12,98568	200,1	0,0002001	0,001540928
15	11	887	88700	12,98568	165	0,000165	0,00127063
12	11,8	887	88700	12,98568	141,6	0,0001416	0,001090432

5. pH 8

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
17	1	871	87100	12,75144	17	0,000017	0,000133318
13	1,4	871	87100	12,75144	18,2	0,0000182	0,000142729
9	4,1	871	87100	12,75144	36,9	0,0000369	0,000289379
6	5,5	871	87100	12,75144	33	0,000033	0,000258794
4	4	871	87100	12,75144	16	0,000016	0,000125476

Lampiran 8: Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO₂ Terstabilkan Hari kedua

1. pH 0

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
43	1,8	762	76200	11,15568	77,4	0,0000774	0,000693817
42	2,6	762	76200	11,15568	109,2	0,0001092	0,000978874
40	2,9	762	76200	11,15568	116	0,000116	0,001039829
27	5,3	762	76200	11,15568	143,1	0,0001431	0,001282755
11	10,7	762	76200	11,15568	117,7	0,0001177	0,001055068

2. pH 2

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
33	1,4	386	38600	5,65104	46,2	0,0000462	0,000817549
25	1,7	386	38600	5,65104	42,5	0,0000425	0,000752074
24	2,9	386	38600	5,65104	69,6	0,0000696	0,001231632
8	8	386	38600	5,65104	64	0,000064	0,001132535
7	7,9	386	38600	5,65104	55,3	0,0000553	0,000978581

3. pH 4

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
33	1,2	676	67600	9,89664	39,6	0,0000396	0,000400136
32	2,7	676	67600	9,89664	86,4	0,0000864	0,000873024
31	2,5	676	67600	9,89664	77,5	0,0000775	0,000783094
25	11,6	676	67600	9,89664	290	0,00029	0,002930287
13	11,7	676	67600	9,89664	152,1	0,0001521	0,001536885

4. pH 6

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
23	1	688	68800	10,07232	23	0,000023	0,000228349
22	1,9	688	68800	10,07232	41,8	0,0000418	0,000414999
21	3,9	688	68800	10,07232	81,9	0,0000819	0,00081312
10	6,2	688	68800	10,07232	62	0,000062	0,000615548
7	7	688	68800	10,07232	49	0,000049	0,000486482

5. pH 8

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
20	0,8	702	70200	10,27728	16	0,000016	0,000155683
16	1	702	70200	10,27728	16	0,000016	0,000155683
12	1,2	702	70200	10,27728	14,4	0,0000144	0,000140115
10	1,3	702	70200	10,27728	13	0,000013	0,000126493
8	1,7	702	70200	10,27728	13,6	0,0000136	0,000132331

Lampiran 9: Nilai Efisiensi Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi
pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO₂ Terstabilkan Hari ketiga

1. pH 0

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
32	0,4	518	51800	7,58352	12,8	0,0000128	0,000168787
30	0,5	518	51800	7,58352	15	0,000015	0,000197797
24	0,8	518	51800	7,58352	19,2	0,0000192	0,000253181
8	1,4	518	51800	7,58352	11,2	0,0000112	0,000147689
6	1,8	518	51800	7,58352	10,8	0,0000108	0,000142414

2. pH 2

V	I	Lux	Lux	P_{in} (mwatt/cm ²)	P_{out} (nw)	P_{out} (nw)	η (%)
10	0,6	317	31700	4,64088	6	0,000006	0,000129286
9	0,7	317	31700	4,64088	6,3	0,0000063	0,00013575
8	1,2	317	31700	4,64088	9,6	0,0000096	0,000206857
5	2,7	317	31700	4,64088	13,5	0,0000135	0,000290893
3	2,6	317	31700	4,64088	7,8	0,0000078	0,000168072

3. pH 4

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
20	1,2	789	78900	11,55096	24	0,000024	0,000207775
16	2,6	789	78900	11,55096	41,6	0,0000416	0,000360143
14	3,6	789	78900	11,55096	50,4	0,0000504	0,000436327
6	3,8	789	78900	11,55096	22,8	0,0000228	0,000197386
4	3,2	789	78900	11,55096	12,8	0,0000128	0,000110813

4. pH 6

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
14	0,6	528	52800	7,72992	8,4	0,0000084	0,000108669
12	0,7	528	52800	7,72992	8,4	0,0000084	0,000108669
10	0,8	528	52800	7,72992	8	0,000008	0,000103494
9	1	528	52800	7,72992	9	0,000009	0,000116431
5	3,9	528	52800	7,72992	19,5	0,0000195	0,000252267

5. pH 8

V	I	Lux	Lux	P _{in} (mwatt/cm ²)	P _{out} (nw)	P _{out} (nw)	η (%)
6	0,6	234	23400	3,42576	3,6	0,0000036	0,000105086
5	0,8	234	23400	3,42576	4	0,000004	0,000116762
4	1,5	234	23400	3,42576	6	0,000006	0,000175144
3	1,7	234	23400	3,42576	5,1	0,0000051	0,000148872
2	2	234	23400	3,42576	4	0,000004	0,000116762

Perhitungan

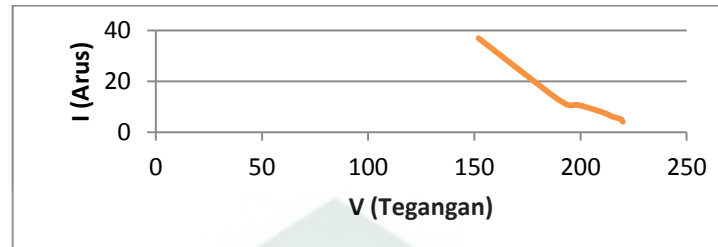
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\%$$

$$\eta = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{M \cdot L} 100\% \quad \eta = \frac{128\text{mV} \cdot 177.2\mu\text{A}}{10.380469 \frac{\text{mW}}{\text{cm}^2} \cdot 1\text{cm}^2} 100\%$$

$$\eta = \frac{0.0226816 \text{ mWatt}}{10.380469 \text{ mWatt}} 100\% \quad \eta = 0.21850265 \%$$

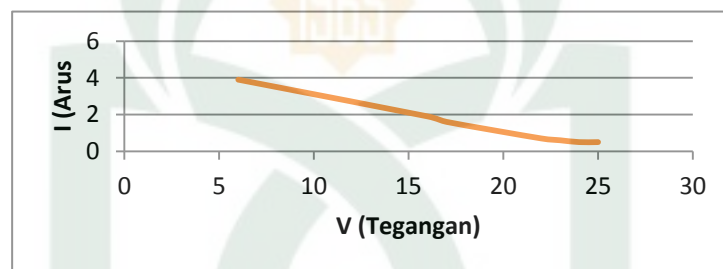
Lampiran 10: Hubungan Arus dengan Tegangan

1. Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat

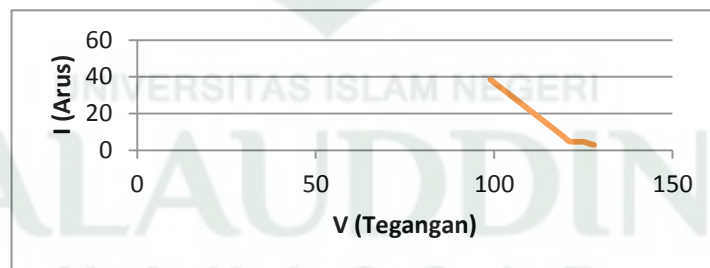


2. Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Pertama

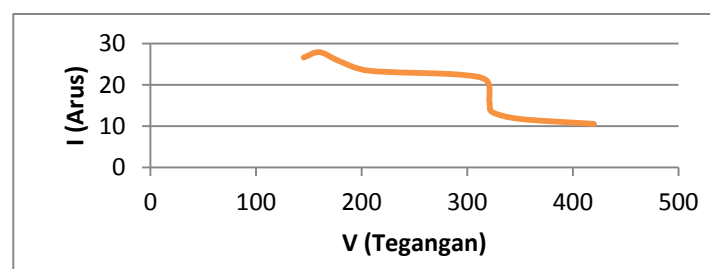
a. pH 0



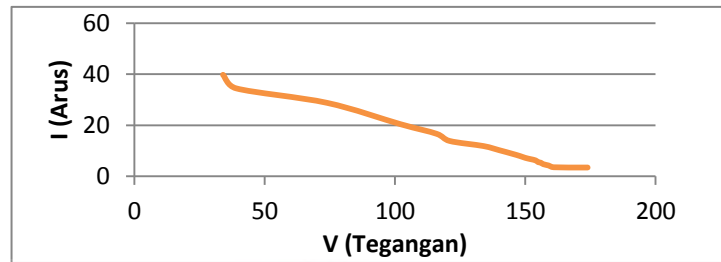
b. pH 2



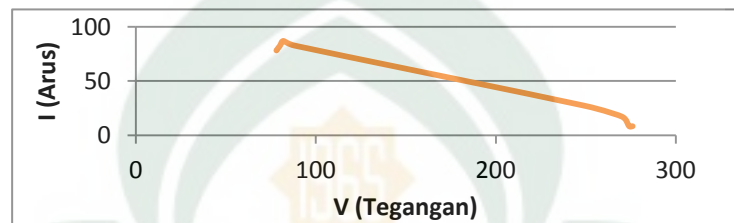
c. pH 4



d. pH 6

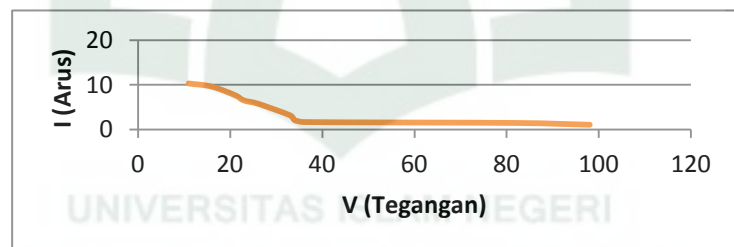


e. pH 8

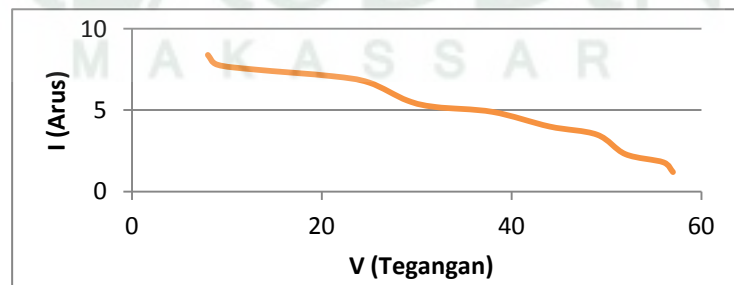


4. Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Kedua

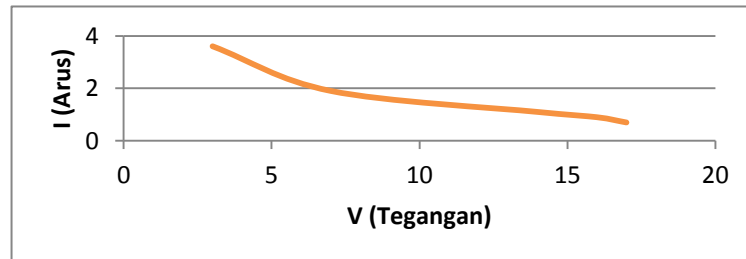
a. pH 0



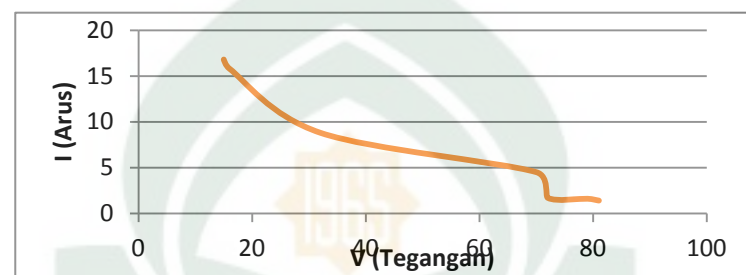
b. pH 2



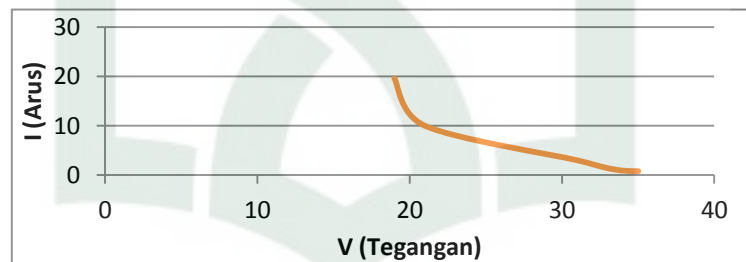
c. pH 4



d. pH 6

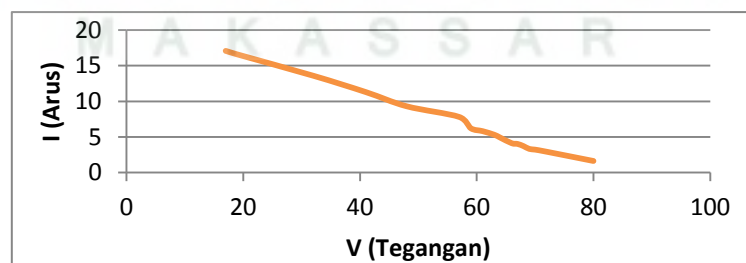


e. pH 8

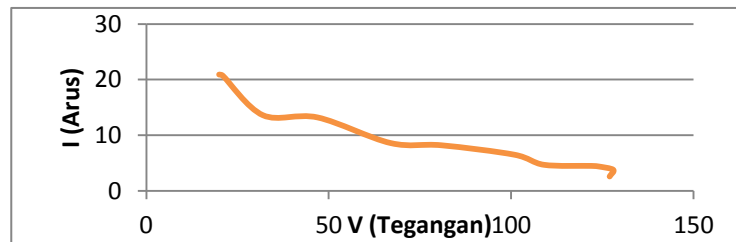


5. Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) Hari Ketiga

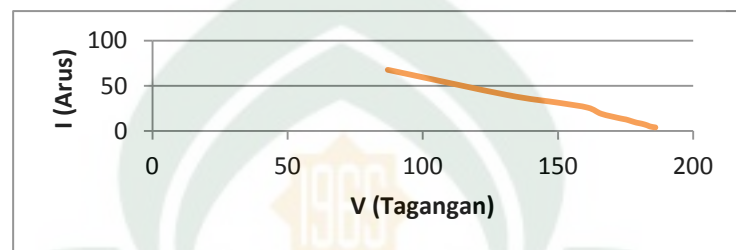
a. pH 0



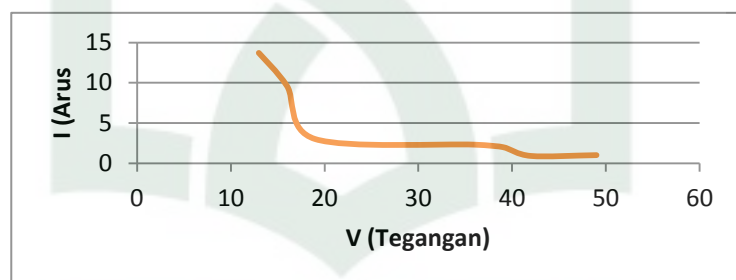
b. pH 2



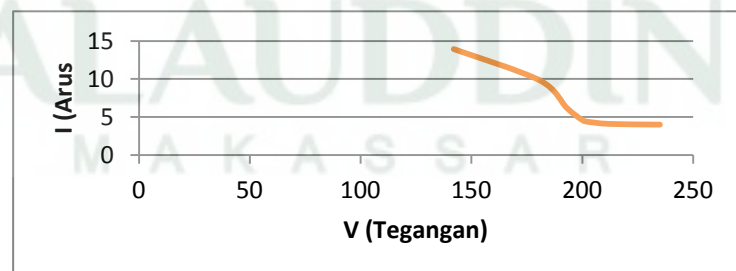
c. pH 4



d. pH 6

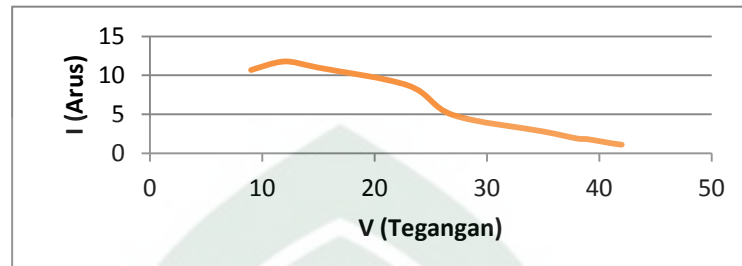


e. pH 8

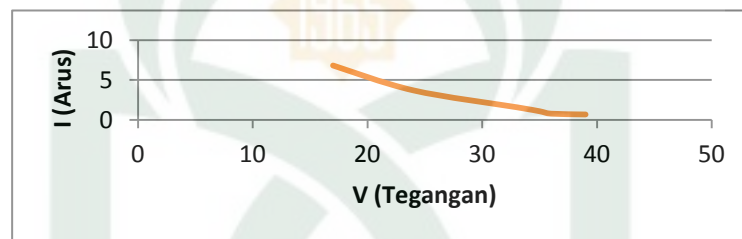


6. Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO_2 Terstabilkan Hari Pertama

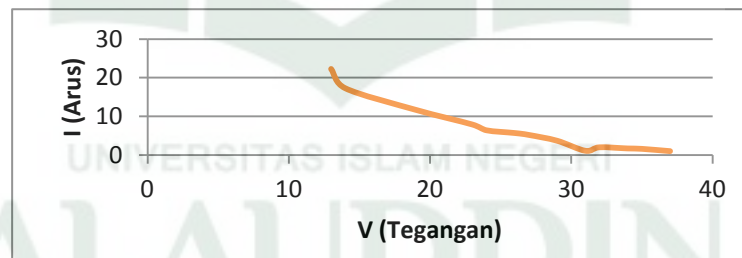
a. pH 0



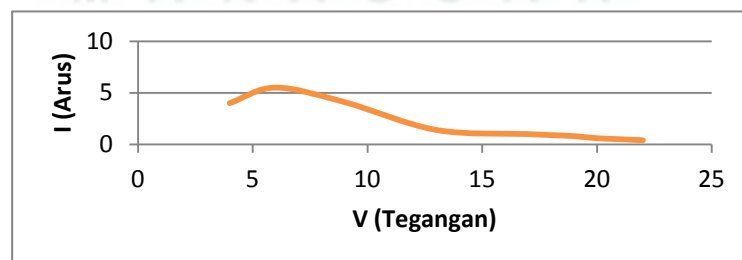
b. pH 2



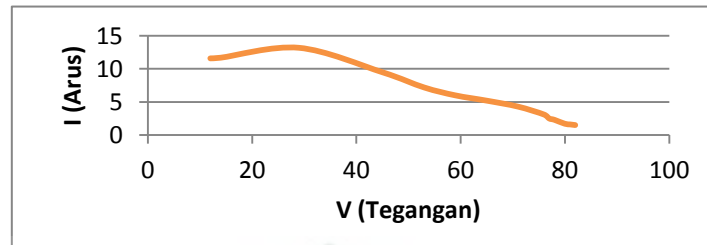
c. pH 4



d. pH 6

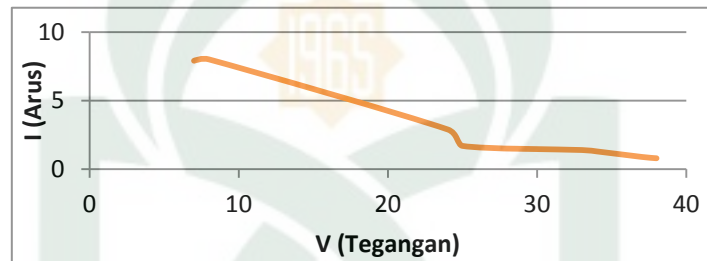


e. pH 8

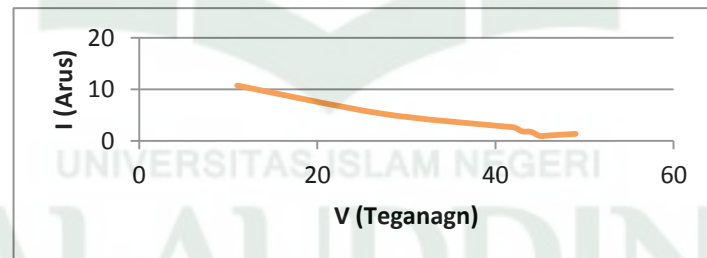


7. Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO_2 Terstabilkan Hari Kedua

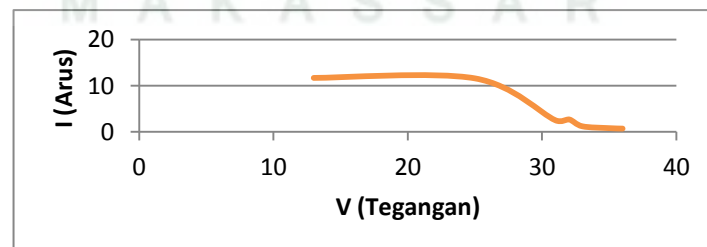
a. pH 0



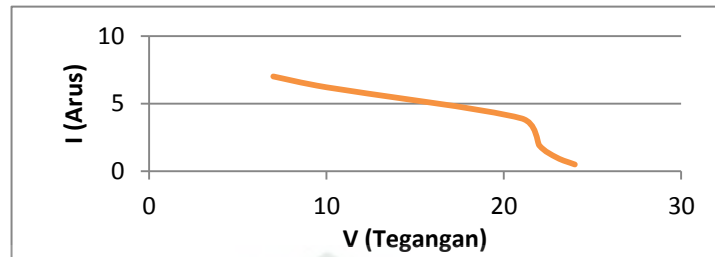
b. pH 2



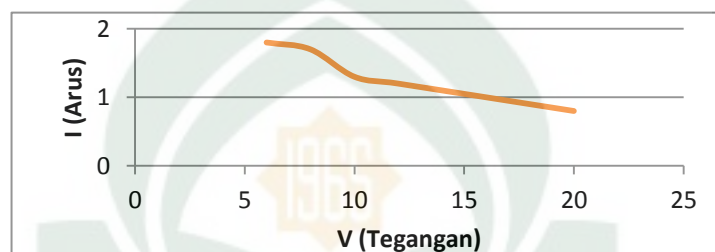
c. pH 4



d. pH 6

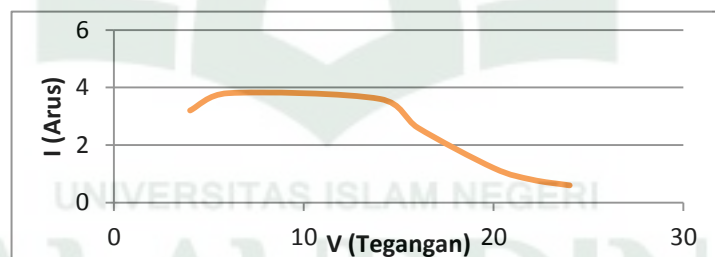


e. pH 8

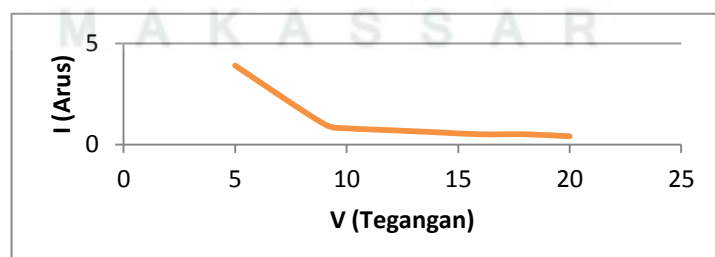


8. Ekstrak Metanol Kulit Buah Alpukat dengan Variasi pH (Zat Warna Terstabilkan) dan TiO_2 Terstabilkan Hari Ketiga

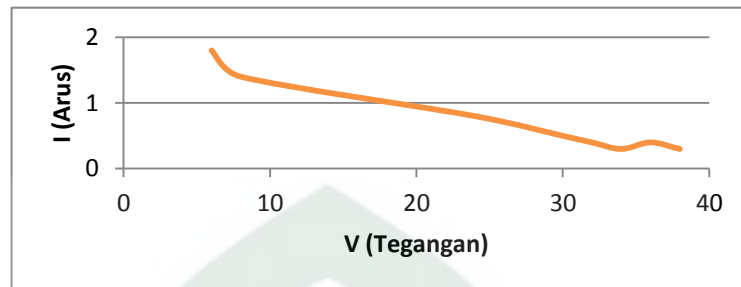
a. pH 0



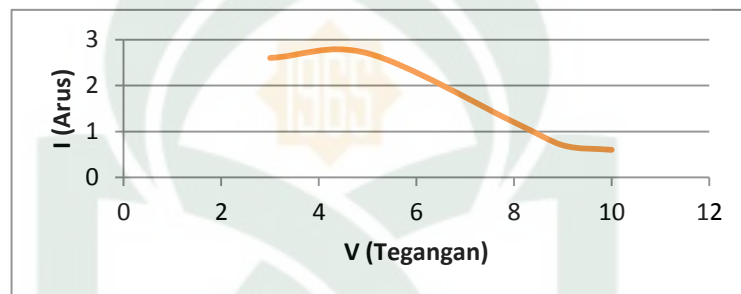
b. pH 2



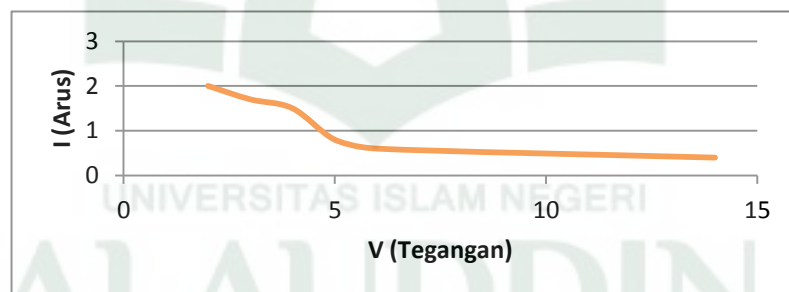
c. pH 4



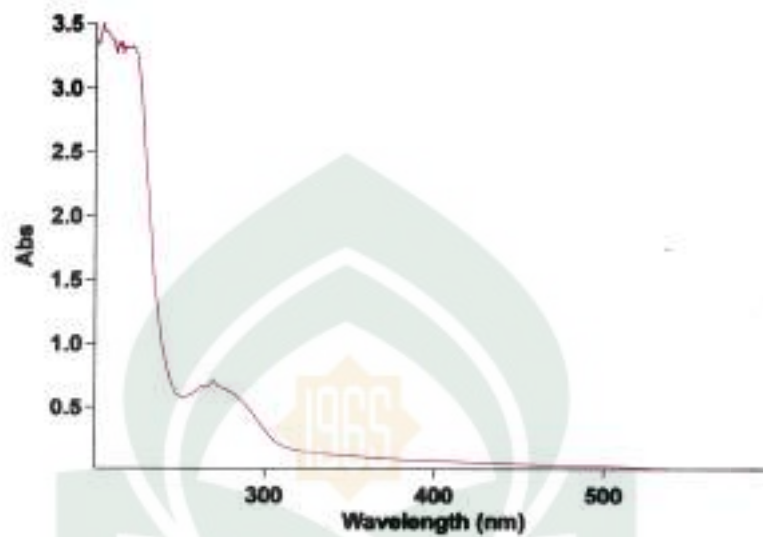
d. pH 6



e. pH 8



Lampiran 11: Gambar Spektrum UV-Vis pada Ekstrak Kulit Buah Alpukat



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 11 Mar 12:15:10 AM 2010
 Method:
 Batch:
 Software version: 3.00 (399)
 Operator:

Sample Name: sample1

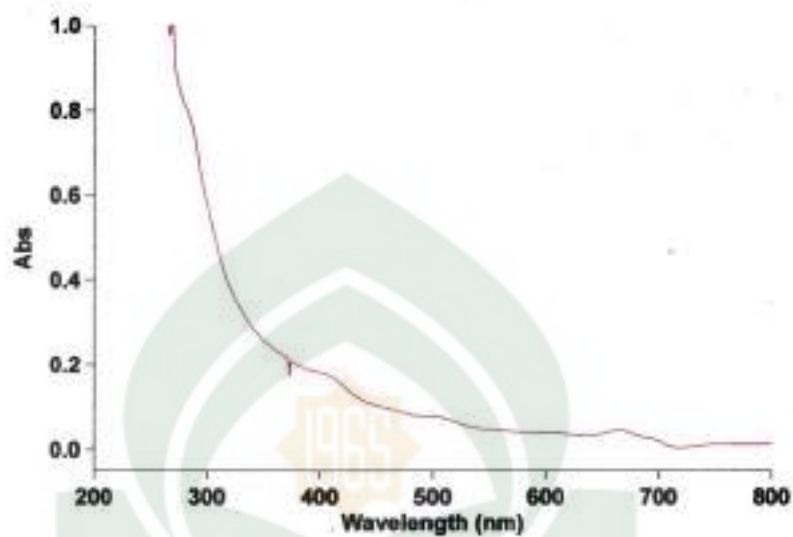
Collection Time 3/11/2010 12:15:38 AM

Peak Table
 Peak Style Peaks
 Peak Threshold 0.0100
 Range 600.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)	Abs
265.0	3.712
222.0	3.331
219.1	3.326
217.0	3.311
215.0	3.365
212.9	3.365
206.0	3.453
204.0	3.504

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI

ALAUDDIN
 MAKASSAR



Scan Analysis Report

Report Time : Thu 11 Mar 12:03:23 AM 2016
 Method:
 Path: C:\Verian\Comp Winov\Kuliah alpekat 04012016.DM
 Software version: 3.86(139)
 Operator:

Sample Name: sample1

Collection Time: 3/11/2016 12:03:50 AM

Peak Table
 Peak Style
 Peak Threshold
 Range

Peaks
 0.0100
 800.0nm to 200.0nm

Wavelength (nm)

Area

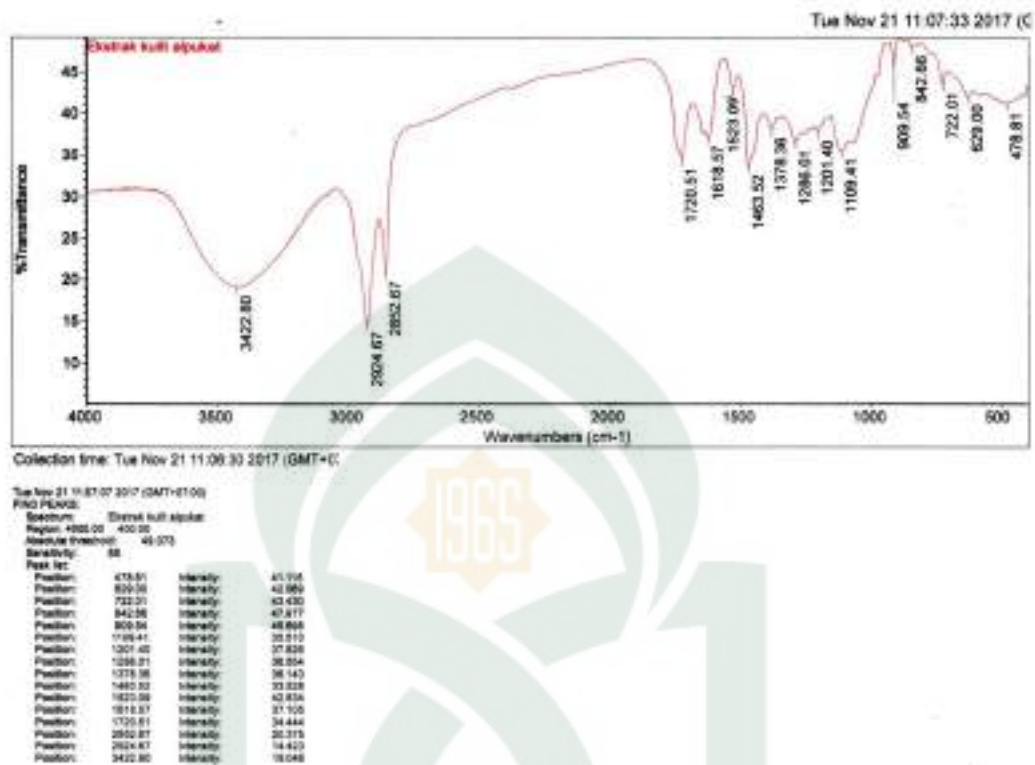
461.6	8.045
374.6	8.208
285.6	1.031
255.6	1.159
239.6	2.194
217.5	3.461
214.5	3.753
211.6	4.316
208.6	4.308

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI

ALAUDDIN

MAKASSAR

Lampiran 12: Gambar Serapan FTIR pada Ekstrak Kulit Buah Alpukat



Lampiran 13: Gambar Bagan Kerja DSSC

Kulit Buah Alpukat dikeringkan



Ditimbang 200gr



Maserasi



Maserat



Evaporasi



Ekstrak Kental



Pengukuran Kaca TCO



Doctor Blade

Sintering Ti O₂

Elektroda Pembanding



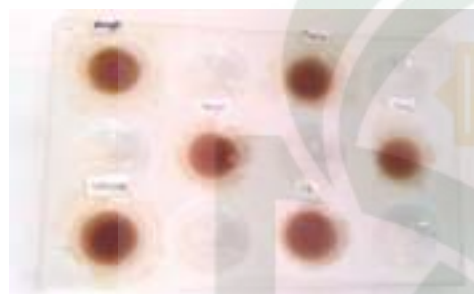
Variasi pH Ekstrak



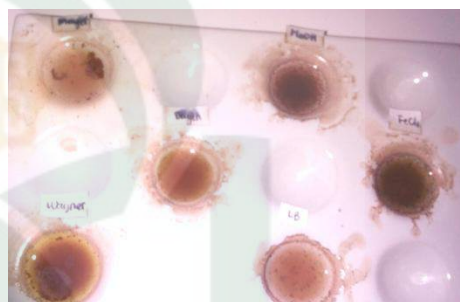
Rangkaian DSSC



Pengukuran Arus dan Tegangan



Ekstrak metanol kulit buah alpukat
sebelum uji fitokimia



Ekstrak metanol kulit buah alpukat
setelah uji fitokimia

BIOGRAFI



Nama lengkap penulis adalah **Nirma Nasir Putri**. Lahir di Cenranae, 14 Februari 1995 dan merupakan anak sulung dari pasangan ibu **Munawarah** dan **Muh. Nasir Mattalatta**. Masuk pendidikan formal di SD 155 Assorajang selama 6 tahun. Pada tahun 2007 masuk melanjutkan sekolahnya di SMP Negeri 1 Sajoanging dan lulus tahun 2010. Pada tahun yang sama pula masuk di SMA Negeri 2 Sengkang dan lulus tahun 2013. Tahun 2013 mengikuti seleksi masuk perguruan tinggi negeri dan lulus di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Selama kuliah, penulis aktif di organisasi ekstra yaitu Kesatuan Aksi Mahasiswa Muslim Indonesia (KAMMI) dan Mahasiswa Pecinta Lingkungan (MPL) dan pada organisasi intra yaitu HMJ KIMIA UINAM, UKM Tapak Suci UINAM dan DEMA FST UINAM. Penulis juga pernah menjadi juara 1 pada PIONIR 2017 di Banda Aceh pada Cabor Pencak Silat dan Alhamdulillah penulis berhasil menyelesaikan studinya pada tahun 2018 di UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR dan meraih gelar sarjana sains .